原子物理学的发展和社会

〔联邦德国〕W·海森堡 著
马名驹等 译校

中国社会科学出版社

[联邦德国]W·海森堡 著

原子物理学的发展和社会

马名驹 张 敏 黄 勇
张静安 马世品 黄麟雏
沈玉春 译
马名驹 张 敏 校

中国社会科学出版社
1985 北京

责任编辑：庞长富
责任校对：王　新
封面设计：式　一
版式设计：钱　锋

原子物理学的发展和社会

YUANZI WULI XUE DE FAZHAN HE SHEHUI

中国社会科学出版社出版
新华书店北京发行所发行
太田宫印刷厂印刷

787×1092毫米　32开本　8.75印张　192千字
1985年4月第1版　1985年4月第1次印刷
印数1—6,700册
统一书号：2190·122　定价：1.45元

PHYSICS AND BEYOND

Encounters and Conversation

Werner Heisenberg

Translated from the German

by Arnold J.Pomerans

Londen

GEORGE AllEN & UNWIN LTD

《根据伦敦乔治·艾伦和昂温有限公司1971年版译出》

中译本前言

海森堡（Werner Heisenberg，1901—1976），是当代最卓越的物理学家之一。他在科学上的主要成就是，创建了量子力学的矩阵形式，提出了著名的量子力学测不准原理，为此，获得了一九三二年的诺贝尔物理学奖。此外，他还在运用量子力学解决铁磁性、μ介子的相对论效应等方面作出了贡献。晚年他主要从事基本粒子统一场论的研究。他在科学上的贡献是巨大的、多方面的。

由于现代自然科学高度抽象的理论思维特征，海森堡同当代其他著名的科学家一样，在探索现代科学重大问题的过程中，对哲学发生了浓厚的兴趣，写下了一系列自然科学哲学问题的论著。《原子物理学的发展和社会》（1969年德文版名为《部分和整体》，1971年英译本名为《物理学及其他》，我们这个中译本是根据1971年英译本翻译的），是他在这方面的代表作之一。这本书详尽地记述了本世纪二十年代至六十年代原子物理学建立和发展过程中，他同普朗克、索末菲、爱因斯坦、玻尔、薛定谔、玻恩、狄拉克、泡利、哈恩等当代著名科学家之间进行的对话和讨论。其内容既有原子物理学的重要实验、基本概念和理论模式，又涉及到物理学、化学、生物学等学科之间的相互关系。他强调指出，科学固然以实验为基础，但是科学的成果必须通过科学工作

者之间的相互对话和讨论，对实验的事实作出正确的理论解释，才能取得。他在这本书中尽量客观地介绍了各学术派别的思想和观点，再现了他们之间的学术争论和思想交锋，充分地展现了现代科学思维的创造过程。从这个意义上说，这本书以独特的风格，为我们研究现代科学思想的发展过程，探讨现代科学的认识论和方法论，提供了丰富的有重要价值的学术资料。

海森堡是哥本哈根学派的重要代表人物。这个学派同以爱因斯坦为代表的学术观点，进行了长达数十年的、科学史上罕见的激烈争论，至今还在进行。他在这本书中自然详尽地阐述哥本哈根学派的观点，强调统计特性是事物最本质的特征，只有用互补的观点，才能完整地理解微观粒子的波粒二象性以及其他一切事物。他认为，原子物理学所提出的诸如整体性、复杂性、统计性等特征，对于哲学、宗教、伦理和社会政治问题，产生了巨大的冲击；社会的价值观念支配着人们的行为、目标和道德，反映着不同人们之间认识上的差别；科学可以帮助我们找到一种所谓的“中心秩序”，从而把人们不同的价值观念统一起来，并“再次指明我们的道路”。对于海森堡在世界观、人生观等方面的这些论述，读者需要运用马克思主义的观点分析研究，作出自己正确的评价。

序　言

这些演讲所涉及的事情中……，我觉得现在已不可能记住那些演讲的确切用语了。因此，按照我的办法，就使每个讲话人说出在他那种环境下会说出的话来，而且尽可能保持指导他当时讲话的思路。

——修昔底德*

科学是由人们创造的，这个自明的事实却常常被忘掉了。这里，倘若恢复这种认识，那么就有希望缩小艺术和科学这两种文明之间的差别。现在这本书讨论过去五十年间作者经历了的原子物理学的发展。科学以实验为基础；科学的成果是通过在其中工作的人们，同相互磋商、对这些实验作出自己解释的人们之间的讨论达到的。这些讨论构成这本书的主要内容。通过这些谈话，作者希望论证科学是根植于对话的。不用说，过了几十年已不可能按原样逐字逐句地把这些对话记述下来。然而，作者也不愿意将这本书写成回忆录。相反，作者不受约束地浓缩和删去了某些细节；他所期望再现的，是一幅更为广阔的图景。在这些对话中，原子物理学不一定，而且远非是最重要的主题，而人类的、哲学的和政治的问题将不断出现。作者想要说明，科学和这些更为

* 修昔底德，公元前455—400年，古希腊历史学家。——译者注

普遍的问题，是完全分不开的。

作者之所以提到书中许多人的姓名，一方面因为一般公众还不知道他们，另一方面也因为用这种方式完全表达了作者同他们的关系，而且这应当有助于避免造成作者在提供一份逐字逐句、每个细节都确凿无疑的报告这样的印象。由于这个原因，没有试图对这些人物勾画出一幅更为确切的形象，而只要根据他们讲话的风度，实际上就可以认识他们了。可是，对于对话的确切气氛，作者给予了细心的留意。因为在这种气氛中，明确地显示了科学的创造过程；它有助于说明，在最重要的科学成果中，各种人们之间的合作是怎样达到高潮的。假如作者能够用这种方式来表达智力过程的某些观念，即使这种过程同原子物理学关系甚少，这将是作者最为高兴的事情。因为这种智力已加入原子科学的发生和发展，尽管作者事实上已被迫采用了某些高度抽象和极为复杂的数学关系。

最后，通过回忆这些对话，作者试图追求一个更为广阔的目标。现代原子物理学已对哲学、伦理学和政治的基本问题，提出了新的见解。期望这本书可以有助于尽可能多的人们加入这种生动活泼的讨论，也许不是过奢的。

目　录

序　言…… 1

第一章　第一次遇到原子概念（一九一九——一九二〇年）…… 1
第二章　研究物理学的决心（一九二〇年）……18
第三章　现代物理学中的“理解”（一九二〇——一九二二年）……32
第四章　政治和历史课的教训（一九二二——一九二四年）……51
第五章　量子力学以及同爱因斯坦的谈话（一九二五——一九二六年）……68
第六章　新领域（一九二六——一九二七年）……80
第七章　科学和宗教（一九二七年）……91
第八章　原子物理学与实用主义（一九二九年）…… 103
第九章　生物学、物理学和化学之间的关系（一九三〇——一九三二年）…… 113
第十章　量子力学和康德哲学（一九三〇——一九三四年）…… 127
第十一章　关于科学语言的讨论（一九三三年）…… 133
第十二章　革命和大学生活（一九三三年）…… 153

第十三章　原子能和基本粒子（一九三五——一九三七年）…… 169
第十四章　面对政治灾难时的个人行为（一九三七——一九四一年）…… 179
第十五章　走向新起点（一九四一——一九四五年）……195
第十六章　科学家的责任（一九四五——一九五〇年）…… 209
第十七章　实证主义、形而上学和宗教（一九五二年）…… 223
第十八章　科学的和政治的争论（一九五六——一九五七年）…… 238
第十九章　统一场论（一九五七——一九五八年）……251
第二十章　基本粒子和柏拉图哲学（一九六一——一九六五年）…… 258

译后记…… 270

第 一 章

第一次遇到原子概念

（一九一九——一九二〇年）

一九二〇年春天，第一次世界大战的结局，给德国青年带来了极大的混乱。统治权已经从深感幻灭的老一代人手中丢失了，而年青的一代人则聚拢起来，试图闯出一条新路，至少也要发现一颗新星，可以在普遍的黑暗中指引他们前进的道路。如果我记得不错的话，在一个春光明媚的早晨，我们一、二十个青年人，其中大多数比我小一些，漫步出发，经过施塔恩贝格湖西岸的小山。透过浓密的绿宝石般的山毛榉屏幕的间隙，我们偶然可以瞥见下面的湖泊和远处的高山。就是在这里，我对原子世界进行了头一次对话，而原子世界在我以后的生涯中起了极为重要的作用。首先需要说明，为什么一群沉浸在灿烂的春色喜悦之中的大自然青年爱好者，要约会进行这次谈话呢？也许我应当指出，那种把青年人束缚在和平环境里的家庭和学校，已被混乱的时代冲破了，换句话说，我们感受到一种新的自由感，在基本知识方面，用不着再去思考追求比我们已有的知识更多的东西，提出什么见解。

在我前面几步远的地方，走着一个高个的英俊少年，他的父亲曾要我帮助他完成家庭作业。一年前，当他十五岁的

时候，正是慕尼黑苏维埃共和国时期，他的父亲在维特斯贝希喷泉后面驻防，配备了一架机关枪，他给他父亲扛过弹药。包括我在内的其他人，作为农庄的劳动者，都在巴伐利亚人的苏格兰高地做工。这种艰苦的生活，对于我们来说，并不是难于接受的；那时，我们也不怕在一些很深奥的问题上形成自己的见解。

由于我正在准备夏季的大学考试，我们的谈话大概转向原子问题。我喜欢同我的朋友库尔特讨论科学的对象问题，他和我有同样的兴趣，立志做一个工程师。库尔特出身于一个教会职员的家庭，性情直爽，待人忠厚。一年前，当慕尼黑被政府军包围的时候，我们两家有很长时间断了粮。于是，他和我以及我弟弟就冒风险出去搜寻食物。我们穿越前线到达加尔琼，从那里背上满满一背包面包、黄油和咸肉返回来。这样一段经历有助于我们之间的相互了解和相互信任。现在，我告诉库尔特，在对我全然不能提供理智的教科书中，我已偶然发现一个例证。也就是说，对于描述两种均匀物质化合成第三种均匀物质，即形成化合物的基本化学过程，教科书认为，解释这一过程的成因，最好是用这样的假定：这些元素的一些最小微粒或称之为原子，互相结合成很小的原子团，或叫做分子。例如二氧化碳分子可以说是由一个碳原子和两个氧原子组成的。这就是我们的教科书所要证明的反应过程。为了明确解释为什么一个碳原子和两个氧原子能够结合成一个二氧化碳分子，艺术家把原子比喻为“风纪扣”，因为“风纪扣”可以把原子互相连接起来。我认为这种说法是令人难以接受的。在我的头脑中，“风纪扣”完全是一种随意性的结构，它们的形状可以随意改变，使之适合于各种不同的技术目标。但是，可以想象得到，原子和原子

结合成分子，是受严格的自然规律支配的。我觉得这里并没有为人们的“风纪扣”这种发明创造留有余地。

库尔特争辩说：“如果你不赞成‘风纪扣’的说法——我也对它持相当怀疑的态度——那么，你仍然需要获得一些具体经验，以便说服艺术家不要再用这种描述方法。因为现代科学开始于实验，而不是开始于哲学的臆测。只要我们相当细心地加以收集，就可以得到过去提供的全部实验。据我所知，化学家已阐明，一种化合物的基本粒子，在固定的辐射中总是用重量单位来表示的。这在本质上是值得注意的。因为即使一个人确信存在着原子，即确信存在着每一种化学元素的特殊粒子，我们用自然界中通常遇到的力，也难于解释，为什么一个碳原子一直吸引着两个氧原子，并与它们相结合，而排斥其他的粒子。即使我们承认在两种类型的原子之间存在着某种吸引力，那么我将怎样去解释，为什么三个氧原子却不能替换两个氧原子去与一个碳原子相结合呢？”

“也许碳原子和氧原子由于空间的原因所具有的形状，决定了它不能去同三个氧原子结合。”

“如果你作了这种假定，而这种假定似乎是很有道理的，那么你就象教科书上的‘风纪扣’问题那样，在许多事情上又倒退了。也许艺术家所要表现的正是这种东西，因为他们还没有认识到原子看起来到底象什么东西。艺术家简单地提出风纪扣来，是为了说明：借助原子自身所具有的形状，一个碳原子才能和两个氧原子结合，而决不能与三个氧原子结合。”

“这很对，‘风纪扣’没有现实的意义。但是，你认为影响原子存在的自然规律，还赋于原子合理的形状，而这种形状又确保原子之间以适当的方式相结合。可惜的是，我们当中

还没有一个人熟悉这种形状，正是由于这个原因，教科书也没有插图。我们所能说明的仅仅是，由于原子的这种形状决定了一个碳原子只能和两个氧原子结合，而不能和三个氧原子结合。正如教科书告诉我们的，化学家为了达到这一具体目标，已发明了'化合价'的概念。'化合价'究竟只是一个措词，还是一种真正有用的概念，这个问题要留待以后去看。"

"这大概比一个措词所包含的意义要多。因为就碳原子来说，它具有四个化合价，可以认为碳原子与每个氧原子用两价连接，这样一来，就必须设法把碳原子与四面体的形状联系起来。因此，一般都不会怀疑，这种化合价的概念是建立在实验事实之上的，它比我们现在已掌握的实验事实要丰富得多。"

这时，罗伯特也加入了我们的谈话。他悄悄地走到我们身旁，显然是在听我们的谈话。罗伯特长着一副瘦长而结实的脸盘，乌黑的头发，初次见面还有点害羞。他很少参加我们这种习惯于在漫步中不拘形式的谈话。晚上无论什么时候，他总是在帐篷里拿着书看。吃饭的时候，我们喜欢听他的诗歌朗诵，因为我们当中谁也没有他知道的德国诗歌和德国哲学家多，于是，就一齐把目光投向了他。他除了少数几次由于苦恼或过于劳累的时候外，都要朗诵诗歌。他是我们当中最认真的人，甚至有关诗人的生平事迹，他都要搞清楚。他沉着镇静，能够系统地阐明自己的思路。这一切都吸引着大家去听他的朗诵。他讲的东西是我们听到的最有价值的东西，有时真能扣人心弦。现在很明显，他对于我们关于原子问题的谈话已感到不满了。

他说："你们这些科学的崇拜者，把经验说得神乎其神，都相信经验可以直接引向真理。可是，假如你们仔细想

一想经验，认真分析一下在'经验'中所发生的事情，那么你们就一定会改变自己的看法。我们表达任何事情，是以思想为根据的，只有我们的思想才能直接为我们自己所理解。但是，思想并不是事物。我们不能直接去领会事物，而必须首先把事物转化为观念，再把观念变成概念。我们从外部世界所获得的东西，完全是一些没有条理的不确定的感觉印象的混合体，这些印象与后来我们所觉察到的形状和数量之间没有直接联系的渠道。例如，我们观察在一张纸上画的正方形，不论在大脑皮层里，还是在神经细胞里，都不会留下正方形的痕迹。为了要认识它，我们应当把我们的感觉经验，用一种无意识的过程，即有助于把感觉经验转化为有条理的过程加以整理，使之成为'有意义'的图象。只有通过这种转化，使这些个别的经验适应于一种'可理解'的整体的时候，我们才能够认为察觉到了任何事物。因此，我们应当更周密地考查一下，我们的理性所依赖的图象来源，从而确定感觉经验是如何被概念所理解的，是如何与事物相联系的，只有那时，我们才能对经验的含义作出有权威的判断。显然，因为理性对于经验来说是更重要的，理性确实是所有经验的先决条件。"

"你所期望的从知觉的对象中分离出来的纯粹理性，真的是从经验转化而来的吗？这难道不会象一个人天真地相信的那样，是用重复一系列相同感觉经验的方法，直接转化的，或是用连接不同感觉材料的方法而间接转化的呢？""这似乎没有多少必然性，甚至特别不能使人信服。近来我正在阅读马勒伯朗士* 的著作，他对这个非凡问题的引证，使我

---

* 马勒伯朗士（Malebranche），公元1638年至1715年，法国玄学家。——译者注

深有感触。马勒伯朗士考查了理性可能起源的三种方式：第一种是刚才你自己所说的，当理性侵入我们的感觉时，主体就会在我们的头脑中产生概念，这正是马勒伯朗士所排斥的第一种可能性。这里，感觉印象从本质上来看，既不同于事物，又不同于理性。第二种可能性是，人的头脑本来就具有理性，至少它本身具有形成这种理性的能力。在这种情况下，感觉经验仅仅是把已经存在的理性再现出来，或者是促使我们的头脑形成理性。还有第三种可能性，马勒伯朗士把它归结为人的大脑参与了一种神秘活动的原因造成的。这种可能性与上帝有关，而且是从上帝那里引申出概括力、想象或理性，用它们就可以整理出大量的感觉经验，并形象地把感觉经验表达清楚。”

“你这个哲学家，总是急急忙忙地求助于神学。”库尔特表示反对，他说：“事情一遇到困难，你就拿出许多不知道的东西使你离开常规。举例来说，我不能用这种方式去劝阻你，因为你自己提出的问题正好告诉我，理性所掌握的人类头脑是在现实的世界，而不是彼岸的世界。头脑和理性都是存在于现实世界的，难道不是这样的吗？如果你不赞成理性是来源于经验的观点，那么你就应当解释，理性是怎样成为人脑一部分的。你提出了这种理性，或者至少提出了形成理性的能力，但是，一个孩子可以通过理性体验现实的世界，这难道是天生的吗？如果你认为不是天生的，那么你就应当相信，我们的理性是从世世代代的人们的经验中产生出来的。总之，就我们涉及的问题而言，不论是现在的经验，还是过去多少代人的经验，这倒关系不大。”

罗伯特解释说：“不！这完全不是我所指的东西。一方面学习作为经验的成果，是否要通过遗传的过程往下传递，

这是值得怀疑的。另一方面马勒伯朗士的观点，可以表现为一种非神学的色彩，可以把这种观点引向更加接近于现代科学的地步。我也要这样试着去做。马勒勃朗士可以很容易地说，规定现实世界的可见的秩序、提供化学元素的存在及其属性、提供晶体的结构以及保证生命和各种事物的创造的这种相同的意向，还能在人的大脑创造活动中进行着。这种意向产生了与事物相应的理性，并确保了概念的清晰。当我们从人的角度去考查、从人的认识去处理这种意向时，它就担负着把那些全部现实的结构，分解为一种客观的因素（事物）和一种主观的因素（理性）。马勒伯朗士的观点同你的信仰一般说来有这种关系，即所有的理性都是以经验为根据的，这种观点描述为，形成理性的能力随着生命体和外在世界的交往，完全可以从进化的过程中产生。然而马勒伯朗士又强调说，这些连接不能用决定论的因果关系把这种特殊的过程解释清楚，换句话说，他论述了在生物物种和遗传的创造过程中，我们遇到了更高形态学的结构，它要完全避开其中包含原因和结果的这两种概念。经验对于理性，或理性对于经验来说，哪一个在先的问题，同鸡和蛋哪个在先的老问题相比，也许不是更合适的。”

他接着说：“至于其他方面，我不想干涉你们的对话，我只是要忠告你们，在和原子打交道的时候，不要在经验问题上做这种巧辩，因为这样做的结果可能是，你的原子终将回避直接的观测，即它不是事物，而是更为基本的结构的一部分，而这种结构在区分理性和客体方面，是不会有什么意义的。当然，我不赞成从字面上去理解教科书上的‘风纪扣’，这涉及到人们的著作中已广泛存在的各种原子的图景。那种认为能促进我们理解力的图景，只是用来遮掩现实问题的。

但是我想，当你们刚才谈论'原子形状'的时候，你们是非常谨慎的。只有当你们对'形状'一词给出一个非常广泛的意义时，才能在比单纯的空间感觉要多的意义上使用它，只有当你们在不严格的意义上使用'形状'这个词，例如，我自己只是把它说成是一种'结构'的时候，那么我至少可以在某一方面跟上你们的思想。"

这时，突然使我想起了一本迷人的书。我在一年以前曾以极大的兴趣读完了这本书，但是，它的许多内容我没有摸透。这本书是柏拉图写的《蒂迈欧篇》，其中包括对物质最小粒子的哲学讨论。罗伯特的话，只是第一次给我一种模糊不清的轮廓，的确有可能用这种离奇的心理学结构去把握这种轮廓。这不是说，我先前很荒唐地建立的这种结构，在突然之间变得似是而非了，而它正好使我看见了一条可以把我引向这种结构的道路。

需要说明一下，为什么恰恰在这时候，我如此强烈地想起了《蒂迈欧篇》，这必需简要地回顾一下当时阅读这本书的环境。一九一九年春天，慕尼黑还处在一片混乱之中，许多街上，人们正在互相射击，谁也搞不清楚是什么人在相争。我们几个人把这种相争称之为政治权力在人们和制度之间更替。那时抢劫和盗窃不断发生（我曾遭受过这种抢劫），"苏维埃共和国"变成了非法的同义语。经过相当一段时间的相争后，在慕尼黑之外一个巴伐利亚人的新政府建立起来了，并把它的部队开进城里。当时我们都希望很快地转入较为安定的环境。那时在我所训练指挥的一连志愿兵中，有一个少年，他的父亲急于要在收复这个城市的战斗中，利用我们这一部分人的力量。于是，他就要求他儿子的战友们，都要熟悉周围的地形，作向导带领他的部队前进。这样，就把我派

往骑兵部队去指挥第十一连，同指挥部一起住在大学对面的神学教堂里。在这里我让部队作勤务工作，我们当中有相当多的人被引向一种完全野蛮而冒险的生活。部队没有什么训练，常常有许多人就利用这种放荡的环境，兴致勃勃地到处去猎奇。后来同我一起在施塔恩贝格湖周围徒步郊游的多数青少年，在那次战斗中订了盟约。我们这些冒险者在那里度过了几个星期，一些人死于枪弹之下，军队的勤务工作变得越来越单调了。常常在电话交换机旁边的哨所里度过整整一夜之后，我就可以得到一整天的自由，为了赶上自己所耽误的学业，我就悄悄地爬到教堂的屋顶上，拿着希腊教学出版社出版的柏拉图的对话，躺在一个很宽敞的槽沟里，在早晨温暖的阳光照耀下，可以安静地坚持学习，常常在路德维希的玻璃宝石之下，欣赏着那些激动人心的生活画面。

有一天早晨，阳光照着教堂的建筑物和喷泉，我拿着《蒂迈欧篇》读起柏拉图讨论物质最小粒子的那一段文字。也许因为它难于翻译成德文，或因为它涉及我最感兴趣的数学问题的缘故，这一部分内容紧紧地扣住我的心弦。不管怎样，我总要按自己的习惯吃力地通读全文，即使我读的东西看起来似乎是完全没有意义的。柏拉图把物质的最小粒子说成是一种直角三角形，当它们成对地结合成等边三角形或正方形之后，才共同构成一般的具有立体几何形状的物体：立方体、四面体、八面体和二十面体。他把这四种物体看成是建筑材料的四种元素，即土、火、气和水。我不明白，是不是要把这种规则物体，同仅仅作为符号的元素联系起来，例如，与土元素有关的立方体，可以用来描述这种元素的固体性和均匀性。我也不明白，是不是要把土的最小粒子通常假定为立方体形状。不论发生哪种情况，把所有的物体都看成

是原始的猜测，这对于缺乏必要的经验知识的古希腊人来说，也许是可以原谅的。尽管如此，还是很难使我找到一个哲学家，具有柏拉图由于想象力所驱驶的批判眼光。我期望有一种能够帮助我给柏拉图的猜测找到某种适当根据的原理，但是，虽然我一直等待着，却一无所获。即使这样，那种打算把物质最小粒子需要简化为某些数字形式的思想，使我入了谜。阐明复杂的自然现象的任何尝试，终究要依赖于数字形式的发现，然而，为什么柏拉图要选择所有物体中具有固体几何形状的规则体，这使我完全不可思议，这些数字形式似乎完全没有解释上的价值。假如我仍然继续阅读这个“对话”作品，那就是简单地重温一下古希腊，给我留下的也是一种混乱。这部作品的最重要的成果，也许完全是一个信念问题，即为了解释物质世界，我们应当知道物质的最小粒子是什么。此外，我从教科书当中，从有名望的作家那里知道，现代科学寻根究底，一直追到了原子。也许在以后的学习中，我自己有可能进入这个不可思议的原子世界，但是，这个时候还没有到来。

同时，我一直感到不安，虽然这种不安仅仅是所有德国青年通常所具有的那种不安的一部分。使我继续迷惑不解的是，为什么象柏拉图这样伟大的哲学家，竟然能够想到认识自然现象中的秩序，而我们却不能够认识。秩序这个术语的明确意义究竟是什么呢？秩序和我们对它的理解纯粹是一种时间的限制吗？我们大家生活在一个世界上，这个世界好象非常有秩序，我们的父母教给我们维护这种秩序的资产阶级道德。古希腊人和古罗马人就已经知道，有时候为了保持有秩序的生活方式，就需要牺牲一些人的生命。我们自己的许多朋友和亲属的死亡向我们说明，这甚至是现今世界存在的方

式。那只不过是一种期望而已。但是，现在有很多人认为，这次战争是一次非常愚蠢的行为，那些对维护欧洲旧秩序应承担责任的人，和那些试图守住这种秩序以便从中捞到什么好处的人犯了罪。欧洲的旧结构，由于我们的失败，已经被打破。这也没有什么可说的。无论什么地方有战争发生，就必然有失败者。然而，这就意味着要抛弃所有的旧结构吗？难道不是可以在一个旧结构的基础上建设一个更坚强的新秩序吗？难道在慕尼黑的大街小巷里不是有那么一些正直的人，为了防止旧生活方式的复辟，宣布一种新秩序，献出了自己的生命吗？他们不仅是为了一个独立的民族，而且也是为了整个人类，尽管大多数人可能还没有建立这种新秩序的愿望。在我们的头脑里装满了这些问题，而我们的长辈是不可能作出回答的。

在我读了《蒂迈欧篇》之后到施塔恩贝格湖附近的小山上散步之前，我有过另外一段经历，它对我后来的思想发生了深刻的影响。在我们转入讨论原子问题之前，让我谈一下这段经历。几个月以后，政府军攻占了慕尼黑。不久军队解散了，我们也回到了学校。一天下午，我在列普德里斯被一个不相识的小孩叫住了："您听到下一周在布伦堡有一次青年人的集会吗？"他又问："我们大家都想到那里去，也要求您一道去，我们今后要为自己的未来找到努力奋斗的方向！"他的话[illegible]这是我以前还没有听到过的。于是，我就决定去布伦堡，并约了库尔特伴同往。

我们乘坐着不时颠簸[illegible]车，几个小时以后，把我们送到下阿尔特米尔[illegible]谷。在[illegible]地质年代，它可能是多瑙河的河床；这里[illegible]阿尔特米尔河沿着弯弯曲曲的道路，穿越加里山脉。古堡所依托的[illegible]河景色，笼罩着生气勃勃的山

谷。我们步行走了最后的几公里路到达城堡，可以看到大批人群从四面八方拥向山顶。

布伦堡巍然屹立在深谷边沿的山岗上。院子和它中间的泉水周围挤满了人群，他们当中大多数人是学生，也有一些老人夹杂在其中。这些老人在前线都经受了战争恐怖，现在又转回这种完全异样的平静世界。这一天，有很多人谈论着那些充满忧伤的日子，而这种日子今天却完全被一种虚假的安宁所笼罩着。我们热烈地讨论着这样的问题：我们民族的命运是否比全人类的命运更重要；那些为了自己的国家而倒下去的人们，是否由于被战败而变得毫无意义；青年人是否应当享有符合自己价值的时髦生活的权利；理性的真理是否比多少世纪以来已造成的人类生活的所有旧方式更加重要。

我自己由于很没有把握而没有参加辩论，但是，我听着他们的谈论，反复慎重地思量着“秩序”的意义。从谈话者的意见中就可以清楚地看到，不同的秩序，无论怎样虔诚地加以确认，都会互相抵触，结果对于秩序的理解是完全相反的。我感到所有这些秩序的模式都是片面的，因此，它仅仅是一种可能性，仅仅是从一种中心秩序（the central order）中分化出来的东西；这些模式不会失去自己的创造力，但是，也不再更多地指向一个统一的中心。而它的消失使我越来越增加痛苦。我只是从身体上忍受着这种刺激，却完全不能通过听取互相冲突的意见，发现一条通向中心的道路。如此，几个小时的讨论过去了，更多的见解表明了，而更多的争论也就产生了。院子里的阴凉越来越多，炎热的白天被昏暗的傍晚和月夜代替了。当时这种对话正在进行着，突然，有一个青年小提琴手出现在院子中的阳台上。他在我们之上

的高处，开始用大D调的小曲演奏巴赫（Bach）的恰空舞曲，顿时院子里一片寂静。我猝然以一种绝对的必然性发现了与中心的联系。对月光下的阿尔特米尔峪谷，是有充分的理由作浪漫主义美化的，其实它并不是一种美化对象。恰空舞曲的清晰歌词，犹如一股清风吹送给我，打破了迷雾，展现了高大建筑结构的其余部分。在音乐的语言中、在哲学和宗教中，总是存在着通往中心秩序的道路，这在今天，比起柏拉图和巴赫的时代不是更少了。现在，我以自己切身的经验认识到这一点。

我们围着营火，并在城堡上面草地的帐篷里度过了一夜，使我们浪漫主义和诗一样的感情得到了充分的发挥。有一个坐在我们附近的青年音乐家，也是一个学生，按莫扎特和贝多芬的曲子并夹杂着古老的民歌跳起舞来，于是，我就用我的吉他给他伴奏。他毕竟是一个很放荡的年青小伙子，对于讨论他庄严的恰空舞曲的表演，总是很勉强的。当人们能问他的时候，他就用这样的话来回答我们："你们知道杰里索小号的秘诀吗？""不知道！""当然，还有小D调(d-Moll)的秘诀呢"，"为什么呢？""因为它们是狄摩尔语化的屏障！"他终于躲开别人的恼怒，而溜之大吉了。

那天夜晚的情景已变成模糊的记忆，当我沿着施塔恩贝格湖边的小山旅行并谈论原子问题的时候，罗伯特对于马勒伯朗士的引证已使我确信，我们对原子的感觉只能是间接的；原子并不是物体，它可能是柏拉图在《蒂迈欧篇》中想试图说明的东西。从这一点说，柏拉图对规则物体的猜测，开始给我留下了深刻的感受。现代科学家当谈论原子的时候，他们应当在最广泛的意义上使用"形状"这个词，即应当归结为原子的时空结构，归结为力的对称性，归结为原子

同其他原子形成化合物的能力。在各种可能的情况中，只要因为它们不是客观世界事物明显的部分，这种结构就应当永远回避我们生动直观地描绘原子形状的能力。然而，这也许不过是为数学的处理打开了方便之门。

我急于要求更多地商讨原子问题的哲学方面，就向罗伯特讲述了柏拉图《蒂迈欧篇》的那种结论。一般说来，如果你同意柏拉图所说一切物体是由最小单位组成的，那么就应当存在着由一切物质所分割而得到的基本粒子。我得到的印象是，他对所有这些问题持相当怀疑的态度。

他在论证这一点的时候说："你提出问题的整个方式，你在直接经验范围之外走得这样远，这对我是很不合适的。我感到现实的世界、湖泊和森林，比感觉到原子要真实得多。我懂得，如果我们一步步细分物质，我们要问发生了什么事情，那就象我们要问，在遥远的恒星及其行星上是否有什么生物一样。可是，我不能说在这样的问题上有很大的兴趣，甚至我不要求知道它的答案。我相信我还有比这更加重要的任务。"

我告诉他："我不想同你辩论各自的目标哪个更重要，科学总是使我自己感到迷惑不解，我知道许多认真的人都急于去研究自然界及其规律性，但是谁能够懂得他的工作的成果对于全人类来说是最伟大最重要的呢？然而，这不是我们时常所关心的事。使我担心的是，象库尔特刚才所说的，在多数情况下我们看到，现代科学技术的发展，已把我们带进一个非常严密的境地，以致我们可以观察到单个原子，至少也可以观察到单个原子的作用效果，因此，我们能开始用原子作实验。诚然，我们自己还一直很少懂得这个问题，简单地说，因为我们的研究所能达到的范围还是有限的。如果

我的预言是正确的，那么你作为一个马勒伯朗士的信徒，对此能说些什么呢？”

“我认为无论怎样，原子的行为与我们日常经验中客体的行为是大不相同的。可以想见，企图连续不断地分割物质，可能把我们引向波动性和间断性，从这种间断性可以断定，物质是具有粒子结构的。我还确信，这种新结构将妨碍我们去建立可触摸的形体的一切尝试，并且证明，抽象表达的是自然规律，而不是事物。”

“可是，假如我们能够看见原子，那将会怎么样呢？”

“我们决不会看见原子自身，我们看到的仅仅是原子的作用效果。”

“这种回答是缺乏根据的，因为相同的观察是适用于一般事物的。就一只猫来说，你所看到的一切，是反射的光线，即猫的作用效果，而不是猫本身。当你敲打猫皮时，情形也大体相同！”

“我恐怕难以同意你的意见。我之所以能够直接看见猫，那是因为当我看猫的时候，我能够——确切地说是我应当——把我的感觉印象转化为有条理的思想。就这只猫来说，我们和它面对面的时候，有两方面的问题：主体的方面和客体的方面，即作为概念的猫和作为实物的猫。原子完全是一种不同的物质，这里概念和实物是不能再分开的，原因很简单，原子既不是概念，又不是实物。”

这时库尔特又来参加讨论，他说：“你的这两种东西，对于我是难以理解的。事实上，当你考虑经验的时候，你所用的哲学猜测产生出一种任意性。我们的研究也许在某一天能使我们对于原子或使用原子作实验，到那时我们就可以确切的知道，原子到底是什么东西。我们大概会发现，原子恰

恰和适于作实验的所有其他物体一样是实在的。如果一切物体确实是由原子组成的，那么我们就可以推论，原子和其他物体一样真实地存在着。”

罗伯特解释说：“不！我认为你的结论是令人怀疑的。你可以完全同样地说，因为所有的生命体是由原子组成的，所以原子也是有生命的。显然，原子是没有感觉的，只有大量原子的集合，变成巨大的结构，并把生命特有的量和质赋于这些结构的时候，它才可能成为生物。”

“原子通常是不存在的，不是实在的，你是这样想的吗？”

“你又夸大了，我们正在辩论的事情，大概还不是关于原子的‘通常’和‘实在’这些词的含义方面的知识。你讲完了《蒂迈欧篇》，并告诉我们，柏拉图用数学形式和有形物体辨认物质的最小粒子。即使柏拉图在事实上是错误的——因为他没有原子的概念——但是从原则上可能是适当的。你能把这些教学形式称之为‘现实的’或‘实在的’吗？如果它们代表了自然规律，那就是物质运动中固有的重要关系，那么你还应当把它称之为现实的，因为它们在运动，可以产生感触的作用，但是，你不能把它称之为‘实在的’，因为它们还不能作为一种实体来描述。简单地说，我们并不知道我们所使用的是什么词。这种情况与我们还停留在直接经验的王国有密切关系，在这个王国里，形成了我们史前时期的语言。”

库尔特仍然不服，他说：“我愿意停留在实验的决定当中，我不相信人类的想象能够告诉我们，在决定性的实验使我们充分了解原子之前，物质的最小粒子究竟是什么东西。除去偏见，只有周密的调查研究工作，才能在这里帮助我们。很明显，这就是我为什么要怀疑在如此困难的客体上关

于哲学一般化的原因。它只能巩固加深了心理的偏见，妨碍而不是助长真正的理智。我确实希望，在你以前很久，当哲学家有了原子概念的时候，科学家就应当去抓住原子。”

这时，其他人已打破了我们的僵持，说：“为了神明起见，你们不能停一下争吵吗？”他们当中有一个人分辩说：“如果你们要为你们的验证钻研的话，请到家里去做。唱一支歌怎么样？”于是，我们开始唱歌了。青年人嘹亮的歌声，犹如五颜六色的草地上盛开的鲜花。此刻歌声比我们所有关于原子的思想来得更加实在，我们所崇拜的想象力，很快就被驱散了。

第二章

研究物理学的决心

（一九二〇年）

我没有从中学直接上大学，在我的一生中有一次突变。大学入学考试以后，我同一些朋友到法国去徒步旅行，那时我得了一场重病，不得不卧床好几个星期，在我长期休养期间，我把我的书籍束之高阁了。就在这关键月份，我偶然发现了一部著作，当然，我还不能完全理解它，但我发现，它极其吸引人。作者是著名的数学家赫尔曼·韦尔(Herman Weyl)，书名叫《空间、时间与物质》。他打算为爱因斯坦的相对论提供数学上的描述。一方面，相对论的艰难的数学论据和抽象的思想既使我激动，也使我困扰；另外，也使我早先要在慕尼黑大学学习数学的决心更加坚定了。

在我学习数学的初期，发生了一些对我来说是意外的和最令人惊奇的事情，我应当简略地说一下。我的父亲在慕尼黑大学教授过中古与现代希腊语，他安排了一次同数学教授F·V·林德曼的会见，他由于解决古老的求圆面积问题而著名。我打算请求他允许我参加他的讨论班，因为我想象我业余学习数学，已为我参加他的讨论班作了充分准备；但是，当我拜访这位伟人时，他的阴暗的二楼办公室里，布置得相当整齐而老式，我几乎立即感到有一种压抑感。我还没有向

这位教授说一句问候的话，他就很慢地从椅子上站起来。我注意到在书桌上畏缩着一只小黑狗，强有力地使我想起了浮士德书房里的长卷毛狗。这只小狗用毫不掩饰的敌意看着我；我是一个不受欢迎的闯入者，即将打扰它的心情平静的主人。我很吃惊，开始结结巴巴地说话，甚至当我刚说出口，我就开始明白我的请求是太冒昧了。林德曼看上去很象疲劳的老绅士，一把白胡子，显然对此有同感，他有点生气。也许就是这只小狗现在可怕地吠叫的原因。主人试图让它安静下来，但这只小狗却变得更加歇斯底里，以致我们只能勉强听到彼此的讲话。林德曼问我最近读了哪些书，我提到了韦尔的《空间、时间与物质》。当这个小怪物继续狂吠时，林德曼说："既然是这样，你就完全不会为数学所动了。"谈话就这样结束，再没有什么可说的了。

显而易见，数学是不适合于我的。我同父亲的磋商几乎有点厌倦，最终答应在理论物理学方面试一试我的才能。于是，父亲同他的老朋友、公认为才华横溢的慕尼黑大学理论物理系主任A·索末菲商定了此事。在一所宽敞的书房里，索末菲接待了我。透过房子的玻璃窗子，我可以看见坐在大槐树附近的长凳上的一群学生。这位长着军人小黑胡子的矮胖的人相当严肃地看着我，可是只要他一开口说话便能显得很仁慈，他真诚地关心青年人，尤其是向他来求教和征求意见的人。这次交谈，再次转向我在中学时代追求过的一种业余爱好——数学研究，转向韦尔的《空间、时间与物质》。来自索末菲的反应，同来自林德曼的反应是截然不同的。

索末菲说："你还需要知道许多东西，但是，你不可能在最困难的地方开始，而期望其他方面会如愿以偿。我收集了引人入胜的相对论和原子理论方面的问题，但是要记住，

尽管许多深刻的、激动人心的思想从这里提炼出来，但这并不是向哲学的基本观点挑战的现代物理学的唯一领域。要研究它们，其困难要比你想象的多得多。你必须谦虚而下功夫地从研究经典物理学着手。如果你一定想要研究科学的话，不论你是致力于实验研究，还是潜心于理论研究，你一定要首先建立起你自己的志向。从你跟我所说的情况来看，我考虑你在理论方面是很敏捷的。可是，你在学校不做一下实验，不对实验仪器作为一种爱好去尝试一下吗？”

我说，我过去常常喜欢制造些小火车头、摩托车和电感线圈之类的东西。但是总的说来，在仪器方面我从来也没有真正地精通过，因为在我看来，在进行那些相对说不很重要的测量上花费心思，实在是一件单调乏味的事情。

他说：“即使你研究理论，你还是要特别注重可能出现的细节，甚至那些论证比较重大的、具有深远哲学意义问题——例如爱因斯坦的相对论或者普朗克的量子论的人，也都必须解决大量细节的问题；而只有解决了这些问题，他们才有希望在已经开辟的新领域获得完美的图景。”

“即使这样，我对哲学基本概念的兴趣比起其他方面来说还是多得多。”我有点害羞地说。

但是索末菲对这一点没有说什么。他说：“你一定要记住席勒曾引述过康德及其追随者的话：‘当国王到宫殿去的时候，赶车人就有很多活要做’。起初，我们所有这些人都不是赶车人；但是你会看到，你将从精心地、有意识地完成那些较细小的任务中，从那些按我们希望来说取得了还算不错的成果中获得乐趣。”接着，索末菲对我的初步的研究又作了不少提示，他说：“关于原子理论的新近发展，我完全可以给你提点问题，你应该在这方面试试你的勇气。”于是，

就决定让我参加以后几年他的研究班。

这是我第一次同一位学者的谈话，他真正了解现代物理学的方法，在同相对论与原子理论紧密接触的领域里亲自做出了重要的发现，这次谈话，对我有着极其深远的影响。他注意细节方面的话使我很受震动，尽管这话非常合乎情理，我也从父亲那里经常听到过，但是我一想到从我真正感兴趣的领域里获得自由还要经过那么长的道路，就感到非常沮丧了。毫无疑问，这次谈话便成为我和我的朋友们经常议论的主题了。记得有一个人说得很深刻：这已经在冲击着现代物理学和我们时代的精神文明。

那年秋天，我在布伦堡看到了许多熟人，他们是那么生动地演奏着巴赫的恰空舞曲，我们在我们共同的朋友沃尔特家里相会了。沃尔特是一位出色的大提琴手，他正在为举办舒伯特的B大调三重奏的民间音乐会而练习。沃尔特的父亲早年逝世，只有母亲来照料自己的两个儿子，住在埃利沙白大街的一所宽敞而非常讲究的房子里。从霍汗佐林大街的我父母家步行到这里只需几分钟的时间。沃尔特起居室里漂亮的贝什斯坦大钢琴是我们经常来作客的又一个原因。演奏完了以后，我们常常谈到深夜，有时便转向我准备研究的话题上，沃尔特的母亲对于我为什么不决定从事音乐专业感到十分惊讶。

她说："从你所作的演奏以及谈论音乐的情况中，我得到一种印象：你在艺术上要比科学技术上更内行；然而你却喜欢对科学上的仪器、公式和机械深思冥想。假如我说的对，可你为什么又偏偏选择自然科学呢？世界的未来归根到底要由你们青年人来决定；如果青年时代喜欢美感，那么世界将有更多美好的东西；如果青年时代喜欢实用，那么世界将有

更多实用的东西。每一个人的决心，不仅对于他自己，而且对于整个人类都是重要的。

我争辩地说："我真不能相信，我们还面临着这种抉择，还且莫说我没有希望会成为一个很出色的音乐家，否则在哪一个领域里我都有可能做出很大的贡献。现在我有这样一种印象：近年来，音乐已经失去了早期的活力。十七世纪它深深地渗透到宗教的生活方式之中；十八世纪进入了个人情感世界的领地；十九世纪浪漫主义的音乐则冲击着人们灵魂的深处。但是这些年，音乐似乎完全有意地进入到一个陌生动乱的和特别虚弱的实验阶段。在这个阶段里，理论概括要高于确认前进道路的愿望。在科学里，特别是在物理学中，好多事情是相当困难的。这里，沿着确定的路线，即与二十年前指引我们去理解电磁现象相同的路线探求明确的目标，已很自然地提出了向科学的全部哲学基础、时空结构，甚至因果规律的正确性挑战的问题。这里，我们正处在这样的'未知的领域'，它将可能吸引几代的物理学家去寻找正确的答案。我直率地承认，我确实想在整个问题的某一方面试一试。"

我的朋友、中提琴手罗尔福表示异议。他说："就我所见，你对现代物理学的评论正好适用于现代音乐。这里，道路好象也已经清晰地描绘出来了。古老的音乐屏障正在倒坍，而且我们发觉，我们自己就在这块有前途的处女地上，几乎是完全自由地去选择我们所喜爱的那些音调与韵律。因此，音乐家也有象科学家那样特别丰富的种种发现机会。"

沃尔特此刻转到他自己的话题上，他说："我真不明白，'表达方式的自由和有前途的处女地'是否必然是一码事。乍看起来，好象公认比较大的自由必然意味着特别多的发现机

会，意味着广阔的可能性；但是在艺术上，我认为这种看法是不切实际的，因为我对艺术比对科学更熟悉一些。我常常想，艺术的发展通常是处于这样的地位：首先，一个缓慢的历史进程不自觉地改变着人们的生活，并由此产生出许多新的思想。接着，少数天才的艺术家对于这些思想，用曲解的新的表达可能性试图提出一种可见的和可听到的形式，这种表达来自于我用以工作的材料，来自于音色和乐器。这种相互影响，如果你愿意的话，可以说在表达的内容和有限的表达方式之间的斗争，我认为才是真正的艺术得以出现的绝对必要条件。假如除去表达方式有限这一条，假如在音乐中即使我们能够创作出我们所喜欢的乐谱，那么这种斗争将成为多余的东西，艺术家的努力也常常是白废的。由于上述原因，对那么多的自由我是更为怀疑的。

“在科学里”，沃尔特继续说，“只有使用新技术才有可能使新的实验不断出现；有了作为成果的新经验，才能够出现新的内容。”这里，表达的手段是概念，通过这些概念掌握新思想，使之更为明晰。例如，我已读了你所感兴趣的爱因斯坦的相对论，是从人们设计某种实验，用光干涉的方法来论证地球通过空间的运动而遭到失败当中产生的。当这种论证没有打中要害的时候，那么这种论证就完全变成了明确的新成果，或变成了相当于同样事物的东西，变成了新思想，这些统称之为表达方式等等的外延，称之为物理学特有的概念体系的外延。完全可以相信，没有一个人期望这种情况将要求彻底改变象空间和时间这些基本概念。空间和时间的观念，不仅是易于改变的，而且事实上已经改变了，这就是从前大家所评价的爱因斯坦的伟大功绩。

“你所说的物理学的近代发展，可以同十八世纪中叶音

乐的发展作适当的比较。在那个时代，一种渐进的历史进程使我们逐渐意识到这种个性的感情世界。正如我们大家所知道的，从卢梭和后来歌德的《维特》，都是继伟大的古典崇拜者海登、莫扎特、贝多芬和舒伯特之后，在表达方式的外延方面获得了成功，因而发现了通过描绘这种感情世界所必须的音乐语言。另一方面，在现代音乐里，这种新的内容好象非常模糊和难以令人置信，而过多可能的表达方式使我怀有某种不详的预兆，现代音乐的道路看来是按着这样一种纯粹消极的要求来确定的：古老的音调必须抛弃，因为我们确信它的能量已经枯竭，而不是因为那里有不知如何表达的新的和富有生命力的思想。音乐家完全是在黑暗中从事下一步工作，充其量他们也不过是在摸索中前进。在现代科学中，这些问题已经明确地提出来了，而且它的任务是要寻求正确的答案。可是在现代艺术中，甚至连这些问题还都无法确定下来。也许你最好能告诉我们一点你想要探索的有关物理学世界新领域的一些情况。”

我试着向他们转述在我养病期间从流行的原子物理学书籍中所发现的一点知识。“在相对论里”，我对沃尔特说，“你提到过的实验，连同其他的实验一起，促使爱因斯坦要抛弃流行的‘同时性’概念，在他那里是其乐无穷的。我们当中的每一个人都认为，即使他把‘同时性’概念归于在很大距离中发生的事情，他也明确地知道‘同时性’这个词是什么含意。结果我们搞错了。假如我们要向一个人，怎样来确定两个事件是不是同时性发生的，然后按照事件的结果评价各种不同证据的含意，那么自然界本身就会告诉我们，答案是一点也不明确的，它要依赖于观察者的运动状态。正象我们以前所确信的那样，空间和时间并不是彼此无关的。爱因斯坦

用一种简易的并且表述十分清楚的数学方程式便能够描绘空间、时间的'新的'结构。我养病的那个时候，也曾试图探索过这个数学世界；不过，自从我向索末菲学习以来，这个数学世界已经完全广阔地展开了，所以也就不存在不能探索的领域了。

"最有趣的这些问题却存在于各种不同的领域、存在于原子物理学中。这里，我们面临着为什么物质世界显示出不断循环的形式和特性的基本问题。例如，为什么在冰融化、蒸汽冷凝以及氢气燃烧的时候，水所具有的全部特性都是一成不变的。在物理学中这被认为是理所当然的，但是却从来没给以圆满的解释。让我们假定，物质的实体（这里我们指水）是由原子组成的。化学上已长期成功地应用这个概念了。可是，我们在学校所学过的牛顿运动定律却不能告诉我们为什么这些粒子的复杂运动，事实上如同粒子一样稳定。只有完全不同的自然规律才能帮助我们解释为什么原子应当永远重新排列自己，并且以同样稳定性产生同一物质方式的运动。二十年前，我们首先在普朗克的量子理论中看到了这些规律。从那以后，物理学家丹尼什、玻尔已经把普朗克的理论与卢瑟福的原子模型结合起来了。按照这种作法，起码有助于理解我刚才提到的原子那种难以琢磨的稳定性。但是索末菲确信，在这个领域里，我们要真正清晰地通晓自然界的各方面，依然有一段漫长的道路。在这里我们还有广阔的未曾探索的领域，在这些领域里新的物质联系也许需要数十年时间才能被发现出来，依靠经过适当修正的自然定律以及采取正确的新概念，比如我们或许能够把整个化学变成原子物理学。总而言之，我坚定地相信，在原子物理学方面，我们正在追寻比音乐更为重要的联系、更为重要的结构。但是我

直率地承认，一百五十年之前，这种情况刚好相反。”

“换句话说，”沃尔特问我：“你认为任何一个有文化教养的人都必定要利用他所生活的那个时代的历史可能性吗？假如莫扎特出生在今天，难道他也能谱写出不成调的和试验性的曲子来吗？”

“是的，我想正是这样。假如爱因斯坦生活在十二世纪，他就不可能作出如此重要的科学发现。”

“你连续不断提出象莫扎特和爱因斯坦这样伟大的人物，这大概是不合适的，”沃尔特的母亲说：“只有少数人才能得到起决定性作用的机会，我们大多数人应当使自己满足于在这个小范围内平静地工作。只应当去问一下舒伯特的B大调是不是还演奏，不是比你安装仪器或者写数学方程式更舒畅吗！”

我认为我自己几乎没什么疑虑了，顺便提起索末菲引述席勒“当国王到宫殿去的时候，赶车的人要干很多的活”的那句话。

“关于这个问题，我们也完全有同样的感觉。”罗尔夫断言，“我们当中想要成为音乐家的那些人，掌握他们的乐器要花费很多精力，以至于只能希望演奏几百个著名音乐家已经演奏得纯熟的几首曲子，而你自己则要在别人已达到非常熟练的乐器上或在回味名家的数学思想上，花费很长时间。这样，当所有的这些事都做到了，那我们中间这些音乐界的赶车人就会忘掉没有成就的那种感觉，即经常交流感兴趣的音乐以及演奏得特别成功的偶然乐事了。同样地，你们科学家将经常地设法去阐明比任何前人都要好一点的一种联系，或者比你的前辈更精确地确定一种特殊的过程。但我们当中没有一个人能估计出这样的事实，他将作开路先锋的工

作，他将作出决定性的发现。即使他是在广阔领域中的某一个方面工作，也不会出现这种事。”

此刻沃尔特的母亲一直细心倾听着，并自言自语地说着什么，好象她是要把她的思想很系统地阐述出来。她说：

“那个国王与赶车人的比喻，也许还有完全不同的含意。当然，从表面上看，似乎那些荣耀的事情完全属于国王，赶车人的工作纯粹是辅助性的和不重要的。但是，也许完全相反的情况才是正确的。那个国王的荣耀大概是建筑在赶车人的劳动之上，建筑在赶车人多年勤劳努力的事实之上，从而使他得到快乐和成功。或许，象贝奇和莫扎特那些人之所以成为长达二百年的音乐国王，仅仅是因为他们为如此之多的小音乐家们提供了用喜爱和认真的细心分析而重新解释他们的思想的机会，甚至当观众听取伟大音乐家的消息时，他们也参与到这种细的工作中去了。

“假如你考察一下历史的发展——艺术当中不比科学当中的少，你会发现，每一个学科都有停止的或缓慢发展的漫长时期，甚至在这段时期内，重要的事件仍然是细心工作，对于细节的注意。不用彻底精神去做的每一件事情都是默默无闻的，实际上也完全不值得回忆。于是，在一般历史发展的导致某一具体学科内容发生变化缓慢进程中，某一特殊学科目的内容就会十分突然地引起变化，突然出现新的可能性，开辟很意外的内容。有才能的人已经感到发展过程中那种几乎不可思议的诱惑力在那里起作用，这样不用好多年，这个世界的一个较小领域，将会产生重大的艺术作品或者非常重要的科学发现。例如，十八世纪末对古典音乐的追求来自维也纳；十五、十六世纪荷兰的绘画是全盛时期。因此，需要伟大人物来表达这种新精神的内容，到作出对未来能够

产生影响的形式，可是，实际上他们都不能提出这些新内容。

“当然，我们若处在这种例外富有成效的科学新纪元的开端，提出新内容倒是完全有可能的。在这种情况下，阻止任何青年人参与其中的作法是错误的。看来在一个时期，重大的发展要在多于一门艺术或科学的范围出现重大的进展未必是可能的，即使它出现在任何一个领域，即使我们作为一个旁观者或者作为一个积极参加者分享它的荣誉，我们应当是十分喜悦的。但要追求更多的奢望那是愚蠢的。十八和十九世纪，音乐和造型艺术一旦解决了摆在它们面前的大量问题，这个阶段就成为一种平静的时期。在这个时期，许多旧的东西被掩盖起来，而新的东西要接受检验和谬误的考验。看来，把现代作品和伟大时代的古典音乐相比是完全不公正的。大概今天晚上我们应该结束舒伯特B大调的这种缓慢而冷淡的活动了，还是让我们欣赏一下你演奏得如何吧。”

我们按着要求做了。罗尔夫从低音部展开，演奏了一段令人忧伤的C大调乐曲，我觉得他一想起可永远流传下去的伟大时代的欧洲音乐，是多么的悲伤。

过了几天，当我走进索末菲经常讲演的大礼堂时，在第三排我认出了一个黑头发、带点害羞面容的学生。在我第一次到索末菲那里作客时，主人曾向我介绍过，认为这个学生是他所有学生中最有才能的一个，从他身上我能学到很多东西。他的名字叫W·泡利。虽然他通常是个十分严厉的批评家，但他的有生之年却是我最好的一个朋友。我在他的旁边坐下并且问他，讲演之后是否可以和他商量一下我准备研究的事情。这时索末菲走进礼堂，他一看见我们便向我们打招呼。泡利靠近我的耳边低声说：“你看，他象不象典型的欧

洲骑兵旧军官？”讲演之后，我们回到理论物理研究所去，路上我向泡利问了两个问题：一是我多少想要知道，实验性工作怎么非得由对理论特别感兴趣的人去做；二是他认为相对论和原子理论各自的重要性是什么。

泡利回答我的头一个问题时对我说：“我知道，索末菲是把重点放在实验性研究上，而我自己却把它忽略了，我不喜欢摆弄仪器那些讨厌的事。我完全赞成物理学是以实验结果为基础的，但是，一旦那些结果得到公认，物理学，至少是现代物理学，对于绝大多数实验物理学家来说便成为十分困难的问题，这大概是因为现代物理的尖端设备能把自然王国尽收我们眼底，却无法充分地描绘日常概念的缘故。我们被迫地使用一种抽象的数学语言，而且那种东西在现代数学中是以考虑其一系列价值为先决条件的，这是一件令人烦恼的事情；但是我们又不得不认真地特别指明：我觉得抽象的数学语言十分易懂，而且我还指望能把它很好地用于我们的工作。不用说，我认为实验方面有些知识还是必不可少的。那种纯粹的数学理论，无论怎样好，听说有关物理学中是全然没什么用处的。”

接着我重述了同老林德曼的谈话，告诉泡利他的黑色卷毛小狗以及我读韦尔《空间、时间与物质》那本书的感受。我的叙述，引起了泡利的极大兴趣。

“这正好是我老早就想要知道的事情”，他说：“韦尔对于相对论确实是知道得很多，而且对于林德曼来说这些知识也足以从虔诚数学家有意义的论题中取消任何论题。”

当我谈到相对论和原子理论各自的重要性时，泡利说了这样的话：“所谓狭义相对论是目前一种已定型的理论；你只不过需要学习它，而且象物理学中任何别的理论那样应用

它。也不是任何人期望作出新的发现，而对它产生特殊的兴趣。可是，广义相对论，或者概括许多相同事物的爱因斯坦引力理论，一直是容易受攻击的。对于每一个实验，它都要给你上百页的、特别烦琐的数学推导理论，这一点就不能令人满意。没有一个人能确切地说出整个事物是否正确。不过，这个理论展示出新思想的可能性，由于这个原因，一定要采取严肃的态度。最近我已经写好了一篇相当长的关于相对论的论文；大概那就是我为什么对原子理论如此特别感兴趣的原因之一。

“在原子物理学里，依然存在着大量无法解释的实验结果，即一种条件下的自然界形迹同在另一条件下的形迹好象是矛盾的，而且至今还没获得描述接近于能清楚表示这种复杂联系的图景。诚然，玻尔把原子奇特的稳定性和普朗克量子假说联系起来，获得了成功，因为哪一种都不能作出本质的解释；近来还说玻尔已对元素的周期律及其化学性质给出定性的说明。然而，在我活着的时候，我不会看到玻尔是如何完成的，看来他也不可能摆脱我已提出的那种矛盾。换句话说，大家依然在迷雾中探索，而这迷雾或许得足足几年才能消散。索末菲希望实验工作者能帮助我们发现某些新的规律，他相信数字关系，似乎更相信毕达哥拉斯学派中一些神秘主义的成员用数字关系使得震动的琴弦和谐。那就是为什么我们许多人把他的科学的这一派叫做‘原子神秘主义’。不过，依我看没一个人对什么事情都能提出很深刻的见解。即使一个人对整个宏伟的经典物理还不十分通晓，要发现一条路子也许还不至于那么费力。你在这方面有显著的长处。”泡利笑着含蓄地补充一句：“但是，另一方面，知识的贫乏绝不是成功的保证。”

任凭这小小的连珠炮式的谴责，泡利已进一步证实了我以前决心献身物理所思考着的每件事情。我很幸运没有在纯数学上试试我的才能，回想起林德曼的那只小狗，真是“一直行善的那一部分权贵，当时曾策划着罪恶”。

第 三 章

现代物理学中的“理解”

（一九二〇——一九二二年）

在慕尼黑大学的头两年，我是在完全不同的两个世界中度过的：一是在“青年运动”的朋友们中间；二是在理论物理学的深奥王国。这两个世界充满着强大的活力，以至于使我经常处于极大的兴奋状态，使我愈发感到穿梭于这两个世界的艰难。在索末菲的研究班里，我同泡利不断谈论着我要研究的那些最重要的问题；但泡利的生活方式几乎跟我完全相反，他是个典型的夜鸟，而我则喜欢阳光，要花费很多空间时间去登山、游泳或者在巴伐利亚湖畔简单烧菜进餐。泡利宁可呆在城镇，常常在一些古老的酒巴间或者咖啡馆里度过他的晚间，然后再专心致志地从事他的物理学研究。很自然，由于他很少出席早晨的讲演而使索末菲很恼火；当然，一般他也不是直到中午才到来。我们在生活习惯上的这些差异，有点取笑的话题，要不然就会损害我们之间的友谊，而我们在物理学中的兴趣留心于此。

当我想起一九二一年夏天的时候，就想把当时的许多情景集中到一个画面，于是我的眼前浮现出一座设在森林边缘的营地。在拂晓的阳光下，我躺在白天游过泳的湖的前面；而在湖的另一边是秀丽的贝尼底克汀山峰。当我离开营地，

沿着小路走一个小时到达最近的车站时，我的同事们还在睡大觉。火车从这里一清早就把我带到慕尼黑，及时赶上早晨九点的索末菲演讲。这条小路通过一片沼泽伸向湖边，从具尼底克汀山峰到朱格斯卑兹，沿途的风光胜过阿尔卑斯山的冰川蹟石。在鲜花盛开的湖畔草地上，我看到最早的割草机，很遗憾我在密斯巴赫的罗斯扎林哈福农场当工人时间不长。三年前，我还使用两头牛干净利落地在那块草地上割草，或者象农民所说的，没留下“猪尾巴”在后面。因此，我的思想充满了来自农场时期丰富多彩的日常印象，我陶醉于这迷人的景色和即将到来的索末菲的演讲。我确信我是地球上最幸福的人。

索末菲的讲演结束之后的一两个小时，泡利经常出现在研究班里，我们的对话常常是这样一些事情：

泡利说：“早晨好，这不是我们自然界的预言家么！你好象用圣·简——札克斯原则生活，期待着整个世界，你不是说过‘回到自然去，熟知森林，因为你是个猿人’吗？”

“后一句引证不是来自卢梭”，我解释说。“我们当中没有一个人再去爬树。不管怎样，现在已经不是早晨，如果我的表走的准的话，应该是十二点钟。等哪一天你一定顺便带我到你晚上常去的那个地方去，以便我也能得到一点点你的物理学的灵感。”

“那个东西丝毫不能帮助你，你倒也许应该详细告诉我，你设法查明的有关克拉梅斯的工作。关于这个问题，你应该到我们班上去讲演一番。”

所以，我们的交谈常常是从幽默的攻击到比较恳切地议论，瞬息万变。当我们谈到有关物理学时，常常有我们的朋友、头脑清醒爱管闲事的奥托加进来。在我和泡利之间，他

似乎成了一位出色的调和者。后来，他和索末菲合作发表了关于原子光谱多重谱线结构的重要论文。

泡利、奥托和我三人，大概主要是由于奥托的决心，带我们骑自行车从贝尼底克汀山穿过凯塞尔堡到华尔琴湖，最后一直到罗沙赫山谷去旅行。只有在这段时间里，泡利才可能敢于进入我们的世界；当然对我自己也带来特别有益的后果：在那次旅行期间，我们已经开始的、而且在慕尼黑已经具有深远影响的继续的对话。

当时，我们一踏上旅途，便开始了几天愉快的生活。有一天，我们推着自行车吃力地爬上山坡到达凯塞尔堡的山梁，我们大胆地占领了这座山坡，我们可以不费力地通过陡峭的华尔琴湖西岸骑很长一段路了。可惜那时我没有想到，这地球的一小块地方对于我的一天来说已经变得这么重要。我们刚好过了那个地方，一位老年人和他的女儿一块坐着歌德式的四轮马车到意大利去。那少女是他的未来的米格娜的模特儿；那老人是《维廉·米斯特》里老琴师的模特儿。通过这个中世纪的湖泊，歌德第一个看见了被冰雪覆盖着的阿尔卑斯山。在这壮丽的景色中，我们也常常非常高兴地把我们的话题转移到我们的研究和科学上去。

因而，我记得有一天晚上在格兰诺的一家小酒店里，泡利问我，对于爱因斯坦的相对论是不是终于理解了，索末菲就此也给你施加了不少压力。我只能说，我还没真正弄明白物理学里“理解”是什么意思。相对论的数学结构并没有给我带来什么困难，可是，这并不需要解释。我已“理解”为什么运动的观察者和静止的观察者对“时间”不同含意。所有这些令人难以“理解”的事情，使我感到困惑，给我以冲击。泡利不赞成，他说：“可是，你一旦抓住了数学的结构，

你完全能够预言的东西，就是一个静止的观察者和一个运动的观察者应该去观察或测量的东西。我们有充分的理由假设，一个实际的实验将证明这些结果。你还能要求什么更多的东西呢？”

“那确实就是我的问题”，我回答说，“我也不知道还能要求什么更多的东西。我觉得我自己在新的数学结构的逻辑方面消磨了一些时间。你也许还会说，我是用自己的头脑而不是用自己的感情掌握理论。我认为，要懂得“时间”是什么，我无须去研究物理学；我们的每一个思想和行为毕竟都是以朴素的时间概念为前提的。也许我能够这样来表述它：我们的思想取决于这样的事实，即这种时间概念行得通，我们能使它起作用。但是，假如我们的这种朴素的时间概念必须改变的话，那么，我们便不能断定我们的语言和思想是否仍然是有用的活动工具。我这样说，并不是想要回到康德那里去，因为他的时间和空间是先验的直观的形式。换句话说，在康德及早期的物理学家那里，时间和空间是绝对的。我仅仅是要强调这样的事实，即每当我们试图要改变这种基本概念的时候，我们的语言和思想就变得模糊了，而且这种模糊的、不确切的东西对于我们正确的理解是不利的。

奥托感到我的顾虑完全没有必要。

他说：“那究竟如何，可以由经院哲学去看，然而，如果他们把有限的、永恒不变的意义归咎于时间和空间的概念，那只能证明他们的哲学是虚假的。你可能读过对你来说相当不错的哲学，可惜我不能用漂亮的词语说出有关空间和时间的‘本质’。”对于哲学，我记得有个令人满义的定义：“哲学是为了某种意图而滥用的特别虚构的术语系统”。一切正确的主张都被先验地拒绝了，我们只能这样来使用这些词和概念，即当它

们与知觉可以直接联系起来的时候，当然，我们可以用综合的物理学观察来代替直接的知觉。这种回到可观察的现象，恰恰就是爱因斯坦的伟大功绩。在相对论中，他十分正确地从这样一种平常的假定开始。即时间就是你出的时钟是多少。如果你同意这个平常的含义，那么就相对论来说，你将不会有什么更多的问题。一种理论一旦允许去设想一个观察的结果，那它就会给予我们所需要的全部解释。”

这时，泡利又提出了一些问题：“你所说的事情，只有在一定条件下才是正确的，而且这些应当加以说明。首先，你必须确信你的理论成果是准确的和符合逻辑的。在相对论的情况下，这点很可能是靠简单的数学结构来证明的。其次，从理论概念的结构到个别现象能否应用这些理论也必须是完全清楚的。在缺乏这种限定的条件下，任何一种理论立刻就会被驳倒，显然这是因为没有那么一种理论能够预言世界的一切现象。但是，即使所有的这些条件都能做到，我还是不能完全相信，是否预言一个特定现象的才智就能给一个人以要求充分理解的权利；恰好相反，要完整地去理解一个无须预言将来整个观察结果的那种特定的经验王国，也许是完全可能的。”

现在我试图说明，正确的成果未必是引证历史事例来正确理解的迹象。“当然，你知道，希腊的天文学家阿利斯塔克曾认为，也许太阳居于我们行星系的中心。这个见解遭到希帕克（希腊天文学家——译者注）的抵制，因而没有使用。托勒密以地球是中心体的假设开始，并把行星的天体运行轨道看作是一个迭加的循环本轮。这便使他能够很准确地预言日食和月食，以致在一千五百年时间里同样那么准确，被他的学说看作是天文学的可靠基础。可是，托勒密真正理解了

行星系吗？难道不是懂得惯性定律、通晓作为动量变化原因，即向心力的牛顿，第一个得出行星处在万有引力限度内的恰当解释吗？难道不是他第一个使这种类型的运动得到真正的解释吗？对于我来说，这才是至关重要的问题。

或者我们再举一个较近代的物理学史的例子。十八世纪末，当电现象为人们越发了解的时候，对静电力控制带电物体的作用，物理学家们能够象牛顿力学那样把它当作一种力来看待，作出了很精确的计算——至少我从索末菲那里收集到的是这么多。但是，只有当法拉第改变了全部问题并且对力的范围，也即力在时间和空间里的分布进行研究时，他才对电磁现象提出了一个正确的解释，从而奠定了后来麦克斯韦尔以他的数学公式为依据的基础。”

对我的例证，奥托并不感到特别可信。他说：“我能看到的只是程度上的差别，而不是根本的差别。托勒密的天文学必定是不错的，要不然它不会延续一千五百年之久。牛顿的工作当初并不见得那么好，尽管在天文学家对行星运动作出正确评价之前的一段时间里，它得到了比托勒密循环本轮更为精确的预言，但我还是不能赞成你所说的，牛顿作的事情基本上比托勒密好。他只不过是指出了行星运动的不同原因，而从长远的观点看来，它碰巧比较成功地得到了验证。”

泡利感到这种争论过于片面而且有很多实证主义。他说：“在牛顿天文学和托勒密天文学之间，依我看至少有一个最基本的差别。首先，牛顿从全然不同的角度提出了整个的问题：他研究行星运动的根源而不研究行星本身的运动。他发现，其根源便是力，在行星系中，这种力的表现比行星的运动简单得多。他用万有引力定律为工具来描述它们。如果说，牛顿帮助我们去理解行星运动的话，我们仅仅是指更

为精确的观察已表明，有可能把复杂的行星运动归结为非常简单的某种东西也就是归结为万有引力，而且用那种方法解释那些运动。公认地，托勒密用循环和本轮的迭加也能完全描述复杂的行星运动，但是，他把行星的运动看作是经验事实。此外，牛顿还是可以说明，正象决定抛体运动，单摆的振动或者陀螺转动那样，由同一规律来支配行星的运动。牛顿力学把所有这些不同的现象都变为一种简单的原理，即'质量×加速度＝力'，这一事实说明，他的行星系比托勒密的行星系具有无比的优越性。"

奥托依然不承认失败。他说："'原因'这个词以及'力是运动的原固'这种论断，听起来是满好的，但实际上仅仅使我们向前走了一小步。接着我们被迫问了下一个问题：在通常情况下力的原因是什么呢？在特殊情况下万有引力的原因又是什么呢？换句话说，按你自己的哲学，我们一旦知道了万有引力的原因，我们能要求'真正'理解行星的运动，而且将'永远'理解，等等。"

泡利激烈地反对这种辩解。"当然我们还可以继续提出问题"，他说，"但是，那怎么不是全部科学的基础呢？你的见解同所讨论的观点是没关系的。'理解'自然的确是指去严格地寻找自然界的联系，去寻找它存在于内部某种作用。即使人们发现了某种独立的现象，或者某一类现象的个别线索，上述知识也不能通过理解这些现象的秩序来取得；它应该来自大量的相互联系的经验事实以及由此而得出的对共同原理的认识。在这种情况下，毫无疑问，必然性严格地建立在大量事实上。现象越是丰富和复杂，归结出来的共同原理越是简单，则出现错误的危险性也就越小。可能发现的联系越广泛，则这种事实就完全不会产生差异。"

我问他："所以你认为，我们确信相对论是基于它在共同问题方面或者归结共同本质方面，例如在电动力学中去结合大量的现象方面能帮助我们吗？如果我对你的意思理解得对的话，虽然我们面临着要赋于'空间'和'时间'以新的意义，或者允许我们说是改变了'空间'和'时间'的含义，因为在这种情况下，一致的连贯性被真正证实了，而且还可以清楚明白地加以表达，因此，我们得到了我们已'理解'相对性的印象。"

"是的，我所指的事就象那样。在这两种情况下，牛顿和法拉第决定性的步骤便是提出问题的新方法以及采用能够得到正确答案的公式化的概念。所谓'理解'只能是诸如此类的意思而已，而且这些概念对于认识大量不同的现象是整个连贯的一部分是必要的。一旦我们认为一种特殊的、明显的事物是复杂事物的特殊情况，其结果用公式来表示相当简单，那么我们的思想就会变得清楚多了。把各种复杂现象归结为一种普通简单的原理，或者象古希腊人那样把许多东西归结为一种东西去看待它，这才是我们对'理解'所作的准确解释。预言的才能常常是一种理性的推断，是持有正确概念的一种推断，然而它同理解并不是完全相同的。"

奥托咕哝着说："'为了某种意图而特别创造滥用的术语系统'这话我不明白，在我的生活里，我没看到为什么非得把简单的事情说成是复杂的不可。如果我们用语言来表达直接的感性知觉，那几乎没有什么误解可以出现，因为每一个词都有一种特定的含义。另外，即使某个理论超越了这种界限，除了许多哲学的道理之外，总还是会被理解的。"

但是，泡利不同意这个意见。他说："你的观点听起来似乎满有道理，实际上马赫和其他人早就说过了，甚至还可以

说，爱因斯坦超出了马赫的学说，从而十分简单地得到了他的相对论。可是这种超越给我的印象似乎有点过于粗糙和简单化。马赫不相信原子的存在，那是由于他们没能观察到它，这是人所共知的。尽管如此，在过去曾有一大批使科学家作难的物理现象和化学现象，还须用原子来解释。马赫本人已经按你捍卫的那个原则十分明显地走迷了路，而且据我所知，这绝不是偶然的。

“每一个人都可能犯错误”，奥托试图要求我们平息下来，他说：“但是错误不能成为比他们做更难解决事情的一种借口。那种相对论就是如此之简单，以致任何人都能掌握。可是一回到原子理论，问题就复杂得多了。”

这一下又把我们引向第二个议题。这个问题在我们骑自行车旅游之后还拖了很长时间，也是个额外的收获。在我们慕尼黑的研究班里，这个问题时常在索末菲面前，成为激烈争论的根源。

慕尼黑研究班的中心议题是玻尔的原子理论。玻尔的思想是基于卢瑟福的决定性实验，玻尔曾描述过原子，如同一个极小的行星系统，中心的核尽管比原子小得多，但是具有原子的最大质量。一定数量的、质量微不足道的电子象许多行星那样围绕着这个核旋转。然而，由于整个行星的轨道是按着已知的力和这个系统过去的历史状况来决定的，因此也就遇到了麻烦的事：电子的轨道必须说成是一种附加的特殊类型的假定，当原子受到外部作用时，就靠这种假定来帮助我们解释这个系统所显现出的稳定性。从一九〇〇年普朗克发表了他的著名成果的时候起，这些附加的假定就作为量子条件来认识，于是，就把早些时候我归纳为神秘主义成分的奇特因素引进了原子物理学。能够从一个轨道计算出的确定

的量，被说成是组成整体的基本单位，也就是普朗克的作用量子。这一规律不禁使人想起了毕达哥拉斯的思想，按照他的思想，两条振动的琴弦，只要它们的长度成比例，同样拉紧则是和声的。但是，是什么原因使电子轨道必须以振动琴弦的方式运动呢？甚至更为混乱的是，按照原子光辐射的新解释，在这一过程中，辐射的电子被说成是从一种量子轨道跃迁到次一级量子轨道，于是释放出大量的能量，即光子。这些思想从来也没被严肃地采纳过，因为它不能帮助我们特别准确地解释一系列的实验。

这种迷惑人的作法同经验主义成功的奇妙混合物，十分自然地在我们这些年轻的学生们中间产生了巨大的诱惑力。我的研究刚开始不久，索末菲便交给我一项任务：把他所熟悉的实验物理学方面的评论告诉他，并让我推演出电子轨道和它包含的量子数。任务本身并不困难，但是，其结果却是相当困惑的；另外除了量子数的整数以外，我还面临着要承认把它分成两等分的问题，而这与量子理论和索末菲那些神秘主义因素的精神是背道而驰的。泡利建议我应当马上引进四分之一和八分之一，直到整个量子理论最终在我熟练的手中化为乌有。因此，尽管我可以尝试一下，但我无法摆脱使人为难的分数。

泡利已着手于自己比较困难的任务，他想要找出我们是不是处在一个比较复杂的体系之中，而这个问题的解决只能通过天文学的计算、玻尔的理论以及导致对实验结果有效的玻尔——索末菲量子条件。事实上，在慕尼黑讨论的时候，我们当中已有人感到，早期理论的成功也许应该归结于特殊的简单体系，而在比较复杂的系统中，这个理论将要被打破的。

关于这一点，有一天泡利问我："说真的，你相信在原子

里真的存在一种电子轨道吗？”

我的回答听起来可能有点费劲，我对泡利说：“首先，在云室里我们能观察到电子轨道：在那里，电子穿过以后留下了很清晰的雾状踪迹，而且因为它们是在云室中作为电子的一种踪迹，因此我们可以把它看作是同发生在原子里头的情形一样的。可是在另外一点上我仍有保留，因为当我们用经典的牛顿方法来确定它的轨道时，我们是用量子条件去证明它的稳定性，因此也就公然地违背了牛顿力学。当出现电子从一级轨道跃迁到次一级轨道的情况时，作为这个理论则需要向高一级轨道跃迁，而我们却不能详细地说他们是否会向高一级轨道跃迁，向更远一级轨道跃迁以及跃迁的其他类型。所有这些促使我想起的事同整个电子轨道思想基本上是相矛盾的，可是在这两者中间我选择什么呢？”

泡利点点头说：“所有这些事似乎是个神话。假如这里真有象电子轨道这样的事情，那么显而易见，电子必须随着指定的频率周期性地旋转。从电动力学中我们知道，如果让一个带电的电子处于周期性运动的话，则电子必定发射电磁波，也就是发出特定频率的辐射光。但这种波并不是想象的随电子一起发生；把辐射光的振动频率，说成是存在于难以理解的跃迁前的轨道频率和跃迁后的轨道频率之间。这纯粹是十足的疯子。”

“尽管这是个疯子，也还是有‘价值’的方法”，我引述了一句。

“是的，也许是。玻尔认为他能说出周期系列中每个原子的电子轨道，可是我们俩人连这种轨道的存在都不相信。索末菲可能跟我们的意见不一样。事实上任何人在云室里都能看见电子的轨迹，在某种意义上说，玻尔完全有可能是正确

的，尽管我们还不能明确地说出在什么样的意义上是正确的。

和泡利不同，我对这个结论还是感到乐观的，当时我好象这么说："我感到玻尔的物理学是最迷惑人、最艰难的。玻尔一定清楚地知道，他是从相矛盾的假设开始的，而这种假设在现有的形式中是不可能正确的。但是，他生性就不出差错地用这些特殊的假定清晰地构造一种原子过程的令人可信的模型。玻尔使用经典力学或者量子理论，正象一个画家使用他的毛刷和颜料一样。毛刷不能决定一幅图画，颜色总是不那么完全逼真的；但是如果这个艺术家在他的心目中早就有了一幅图画，那么他就能使用他的毛刷，可以把他自己内心的图画表达给别人，尽管这种表达不那么充分。玻尔明确地知道，在化学过程及其他许多现象中，光在辐射的时候，原子的状态怎样，这一点又帮助他形成不同原子结构的直观图画；他只能用一幅不充分的图画向其他的物理学家表达电子轨道和量子条件。对于电子在原子内部的旋转，玻尔自己也并非确信无疑，但是他确信他的图画的正确性，虽然他还不能用恰当的语言和数学的方法来描述它，但这个事实并不是灾难，刚好相反，而是一个伟大的挑战。"

泡利仍然有点怀疑，他说："我必须首先找出，玻尔——索末菲假设在我这个问题的情况下，能不能导出合情合理的结果。如果不能——即我差不多能猜想到的、也是我正要发现的情况——那么，至少我会知道不能做什么工作，这也是前进了一大步。"后来，他进而沉思地说："玻尔的图画也许终究是正确的。但是，我们作出的这些图画是什么呢？它所表明的规律又是什么呢？"

后来，在一次关于原子理论的长谈之后，索末菲相当突然地问我："你愿意见到玻尔吗？他即将在哥廷根做一系列的

讲演，已邀请了我，我很想带你一道去。"我犹豫了一会，因为去哥廷根的往返路费完全超出了我的经济能力。大概索末菲看出了我脸上掠过的阴影，同往常一样，他很快替我补上了已出现的超支，因此，我内心充满了感激和欣慰。

一九二二年初秋，在哥廷根的那座位于海因山的山坡上的布满了别墅和果园的友好的小城镇里，有葱绿的灌木、鲜艳的玫瑰和舒适的住处。很自然，他自己也以这个城市的名子，即我们后来给他"哥廷根玻尔日"这一值得纪念的节日而自豪。我永远不会忘记第一次的讲演：大厅里挤满了人，这位伟大的丹麦物理学家站在讲坛上，他的体魄表明他是个典型的斯堪地那维亚人。他轻轻地向前点头，充满了友谊，但是嘴角上露出几分窘迫的微笑。秋天的阳光洒进大厅的窗户，玻尔用轻微的丹麦口音温和而彬彬有礼地讲演着。当他解释他的理论中这种独特假定的时候，他选择的措词是十分谨慎的，比索末菲通常使用时还仔细得多。他用公式表示的每一个命题都体现了一系列的基本思想和哲学上的见解，但它只是含蓄地暗示，而从不赤裸裸地表白出来。这次接触使我非常兴奋；他所说的好象是新颖的，同时又不完全是新颖的。我们这些人从索末菲那里学习了玻尔的理论，并且知道了有关的内容，但一听到玻尔的亲自讲演就有耳目一新之感。对他所取得的研究成果，我们有一种清晰的感觉，那就是他使用计算和论证犹如运用直觉和灵感一样，并不那么多。他感到，要在哥廷根著名的数学学派之前去证明他的发现是困难的。每次讲演之后都有长时间的讨论，在第三次讲演结束时，我自己竟然敢于发表评论性的意见。

玻尔谈到了有关克拉梅斯的贡献（在索末菲研究班我曾要求讲过这个问题）。他断定，尽管克拉雅梅理论的基础仍旧

不能解释，但结果是正确的，而且总有一天会被实验所证实，这一点似乎确定无疑。接着我站起来带头反对以我们慕尼黑讨论为依据的克拉梅斯的理论。

玻尔必定已注意到我从他的原子理论浓厚的兴趣中冒出来的意见。他好象由于我的反对有点烦恼而踌躇地回答着。在讨论结束时，他从老远走过来并要我参加他们下午去海因山的散步，去那里我们也许能比较深入地研究一下整个问题。

这次散步在我的科学生涯中具有极其深刻的影响，或者说我真正的科学生涯就是从那天下午开始的。秀丽的山路指引我们经过一家普通的佐姆·罗恩斯咖啡馆，来到一处充满阳光的高地。从那里往下看，古老的圣·约翰和圣·雅各布教堂的高耸的塔尖越过莱因峡谷从远处俯视看这座小型的大学城。

今天早晨，玻尔展开了我们的对话。他说，“你说你对克拉雅梅的工作有某些保留。我必须马上告诉你，我完全不理解你怀疑的实质，也许应该来解释一下我坚持自我观点的所在。基本上说来，我赞成你的东西比你可能想到的东西要多；一个人对于原子结构下论断我认为要非常的严谨。我最好还是从告诉你一点有关这个理论的历史开始。我的出发点完全不是这样的思想，即原子是一个小规模的行星系统，而且照此受天文学规律来支配。我从来也没有象那样逐字逐句地说过这样的话，我的出发点则是物质的稳定性，若从传统的物理学观点来考虑倒是一种奇迹。

“所谓‘稳定性’，我的意思是指，同样的物质总是具有同样的特性，是指同样晶体的复现、同样的化学化合物，总具有同样的特性。换句话说，即使由于外部的影响使基质变化之后，铁原子总还是依然留下具有同样特性的铁原子。这不

能用传统的力学原理来解释，即使原子和行星系统外表很相象，那也是不可信的。自然界明显地具有形成一定形态的趋向——我是在普遍的意义上使用'形态'这个词，因为当原子遭到干扰和破坏的时候，依然能使这些形态重新恢复。你也许还会想到生物学：最复杂形态的繁殖生命的有机体的稳定性，毕竟只是作为一个整体而存在的。但在生物学里，我们正涉及到受特性支配的高度复杂的结构，而那类瞬时的变态没必要留在我们这里。还是让我们进一步看准物理学和化学所研究的简单形态吧。相同物质的存在，固体的存在都依赖于原子的稳定性；那恰恰就是为什么充满一定气体的电子管总是放射同样颜色的光，即具有确定的相同线的光谱。所有这些，其实岂止这些，按照牛顿物理学的基本原理的术语是根本无法解释的。依据牛顿物理学，所有这些作用都必须具有明显而确定的原因；依据牛顿物理学，现象或过程的现时状态完全是由在它之前的某件事情直接决定的。在我最早开始研究原子物理学的时候，这个事实便常常给我以很大的扰动。

"物质稳定性这种奇迹，由于在过去几十年里有了一些实验，而没有把新的见解投向整个问题，可能很长时间被忽略了。如你所知，普朗克发现了原子体系变化的不连续能量；发现了当这样的体系辐射能量时，它经历了具有确定的能量值的某些状态。对于这种状态，后来我自己给它创造了一个特定的词，叫'定态'。下一步回到卢瑟福关于原子结构的极为困难的研究上。在卢瑟福的曼彻斯特实验室里，我最先开始了解实验室所涉及的问题。那时，我比你现在岁数稍大一点，我接连不断地提出一些离题较远的问题缠扰着卢瑟福，而物理学家们则向一些较近的、诸如看到的发光现象和已测

定的各种化学元素的特征谱线；不用说，化学家提出了有关原子相互发生作用的大量见闻。这些见闻，有近四分之一我早已看到过了，很自然，它使我如此惊奇，以致这些事情紧紧地缠住我，我试图要向前推进的这个理论并不是意味着要去做更多的证实那种联系性的工作。

“现在，这确实是一种没有希望的工作，它同来自那些物理学家们正常的阻挠完全不同。因为在所有先前的物理学里，或者在任何其他的科学分科中，你总可以试图用还原为已知现象或规律的方法，来解释一种新的现象；可是在原子物理学里，所有的各种概念都已证明是不恰当的。从物质的稳定性中我们知道，牛顿物理学不能应用于原子内部；充其量它只能偶然为我们提供一种原则。它绝不会沿着说明原子结构原因的道路前进；因为所有这些原因必然是以那些传统的概念为依据，正如我们所见到的，它不能长久的应用。你看，试图要发展这种理论的任何人真是费劲而办不到。我们是要集中地说有关原子结构的事情，可是这里缺少一种能使我们自己理解的语言。我们大体上和水手的地位一样，处在一个遥远的、岛上，处于孤立无援的处境，那里的环境与我们所知道的情形完全不同，而且在那里办事可能更糟糕，因为当地人说着一种难以理解的方言。他必须使自己明确地理解，但是，他没有这样去做的手段。一种理论若处在那样情况下，用通常特定科学含义的词已经不能‘解释’任何事情。那么，我们能指望做的全部工作是揭示联系，至于其余的，只能引导我们尽最大努力去探索而已。这恰恰就是克拉雅梅想要从事去计算的东西；大概在我的讲演里，也许我担心会遇到这种困境。因此，要做比这些更多的事情完全是在我们目前的手段之外。”

从玻尔的谈论中已经十分明显地看出，他同我们这些人所表现出的那些疑虑是相类似的。但我还想进一步弄清楚方才理解了的东西，我问："如果这就是我们全部所能做的事情，那么，你所提出的、并在过去几次讲演中为之辩护的所有原子模型的观点是什么呢？你想用这些模型去严格证明什么呢？"

"这些模型"，玻尔回答说，"是通过推演，或者你喜欢的话——是通过推测，来自于实验而不是来自于理论计算。我希望这些模型能同样用来描述原子的结构，而不是'只有'在传统物理学里的描述语言中才是可能的。我们必须弄清楚，当这种语言出现在原子里的时候，它只能象在诗歌里那样被使用，一个诗人永远不会象关心形象与思想交织的作到那样去关心所描述的事实。"

"在那种情况下我们还怎么取得物理学的进展呢？不管怎么说，物理学毕竟是一门精密的科学呀。"

"与通常见解相对立的量子理论的观点，看来是可信的，那些奇妙的特征反映着物质的稳定性，随着每一个新实验的成功，其轮廓也会变得越来越鲜明。假如这种情况发生的话，我们只能希望在适当的时候，能用某种方式帮助我们在原子里建立那些无法形容的过程所形成的新概念。也正由于这个原因，我们依然有一段漫长的道路。"

玻尔的谈话，使我想起了在斯塔恩贝格湖畔散步时罗伯特关于"原子不是玩艺儿"的评论。尽管玻尔相信自己对原子内部构造的许多细节有所了解，但他并没有把电子壳层看成是"玩艺儿"。在传统物理学的任何情况下，都没有象"玩艺儿"那样的概念去使用如位置、速度、能量和广延之类的概念。我就此问他："假如原子的内部构造象你说的那样，即

同所说明的原因那么密切，假如我们真缺乏一种论述它的语言的话，那么我们怎么还能有指望去理解原子呢？”

玻尔踌躇了一会，接着说：“我认为我们还是可以那样做的。但是在这个过程中，也许我们必须研究一下‘理解’这个词的真正含义究竟是什么。”

经过短暂的步行，我们来到了海因山山顶，到了驰名的“留步”小酒店——因为自古以来人们习惯从这儿返回才这样称呼的。这时我们又朝南方向往低处走去，俯视着这早已和哥廷根市融为一体的莱茵峡谷的山丘、树木和村庄。

“我们已经谈了这么多困难问题”，玻尔继续说，“我已经跟你说过，我自己是怎样涉入这个讨厌世界的；但是我知道，对你来说根本没什么问题。看来你很年轻，从你的疑问来看，似乎是随着原子理论的首创而开始的，那么你要继续着眼于保守的物理学。索末菲一定是很早以前就把你引进了这个担风险的原子世界，跟我说说这些吧。还有，你在这次战争中都做了些什么事情。”

我承认那年我是二十岁，在大学里只学了四个学期，关于普通物理学，我确实知道得很少。我还跟他说了在索末菲研究班里具有神秘而费解特色的量子理论所格外引起的兴趣。进而我又说，我若还年轻的话，我就到军队里服役去了，而我父亲作为后备役军官在法兰西作战时服过役，为此我还十分担忧。一九一六年，他受伤被送回家。战争结束那年，我作为一个农业工人在阿尔卑斯的下巴伐利亚工作，维持生活，从另个意义上说，我也被这场战争宽容了。

“我特别喜欢听你说的这些”，玻尔说，“我还想知道你们国家的一些情况，那些我知道得很少。关于‘青年运动’的情况，从哥廷根的我的同事们那里听了不少。你一定要跟我

们去游览一下哥本哈根；也许你可能会跟我们谈论一个时期，我们可以一块研究某些物理学问题。接着我便向你告知我们小国家的情况，顺便跟你说些有关它的历史。”

当我们接近城根的时候，话题又转向了哥廷根物理学家和数学家头面人物玻恩、J·弗兰克、R·科兰特和D·希尔伯特，这些人我还是刚刚听到的。玻尔建议我应该在他们指导下从事我的研究工作。陪送玻尔回家之后，我回到自己的住所，突然看见这充满希望的未来和新的可能性，它把我返回住所的道路描绘得更加光彩夺目。

第 四 章

政治和历史课的教训

（一九二二——一九二四年）

过去了的一九二二年夏天对于我来说，留下的记忆是难忘的。我的老师索末菲建议我参加在莱比锡召开的德国科学家和物理学家代表会议，爱因斯坦作为主要发言人之一，将到会作关于广义相对论的演讲。我父亲给我买了一张从慕尼黑到莱比锡的往返火车票，我早就盼望有这样一个亲自聆听相对论发现者讲话的机会。到了莱比锡，我住进这座城市偏僻地区的一家简易的小旅店，因而我可以付得起那里的费用。接着，我来到了会议大厅。在这里我发现了在"玻尔日"期间及去哥廷根途中相识的许多年轻的物理学家中的一员，我问他们爱因斯坦的讲演计划安排多长时间。我注意到，周围的人对我有点诧异，好象相当惊奇地看着我，然而，这是在莱比锡而不是在哥廷根。在等候的时间里，我漫步进入纪念馆，（为莱比锡的一次最大战役而建），由于头一天晚上乘车旅行使我又累又饿，于是，我躺在长凳上不一会儿就睡着了。后来一个小姑娘不停地向我脸上扔羽毛才把我惊醒，她站在我身旁，慷慨地把满满一篮子苹果送给我，表示对我的友好。

演讲的场所是一个四面都有门的大厅。当我快要走进去

的时候，有一个青年人把一张红色的传单塞到我的手里，并事先告诫我，要反对爱因斯坦和相对论。后来我听说，他是南德意志大学一位众所周知的物理教授的助手或学生。传单把整个相对论说成是狂热的推测，根本没有什么内容，是用犹太人的游说以及完全不相容的东西为德国的精神打气。开始我以为这些事是一些精神病患者干的，因为开大会时常常发现疯子。然而，当我听说作者是一位由于他的实验工作而驰名的人，而且索末菲在其讲演时还常常提及过他的时候，我似乎感到我的这个领域已在崩溃。我始终坚定地相信，科学至少是应该居于在那种导致慕尼黑国内战争的政治斗争之上的，居于我所希望的、不涉及更为复杂的政治斗争之上的。但是，现在我却令人难过地发现，弱者或者具有病态特征的人能把他们糊里糊涂的政治激情注入到科学的命运中去。不用说，我直接的反应是，抛弃我可能已有的对爱因斯坦相对论的注视，或者更确切地说，我从泡利那里偶尔知道的有关相对论的解释。在国内战争期间，如果说我从体验中学到一点东西的话，那就是一个人绝对不能用多么响亮的声明和怎样真诚奋斗达到的目标之类的东西，去判断一个政治运动，而只能用达到目标所使用的手段来判断。选择恶劣手段的那些人，最简单不过地说明：那些负有责任的人，在他们早期争论的说服力方面已经丧失了信心。在这个事例中，物理学的领导人试图不择手段要驳倒相对论，是如此恶劣而且富于幻想，这只能意味着：这个人已经放弃了用科学的争论来驳倒相对论的一切希望。

我被这种场面搞得神魂颠倒，以致忘记了对爱因斯坦本人应有的注意。讲演一结束，我忘记了索末菲说过的把我引见给爱因斯坦的那件事，十分忧郁地返回小旅店。接踵而来

的是，我发现我的全部财产——帆布背包、内衣、短裤和两套衣服被盗了。幸而我还有一张往返的火车票。我来到车站，搭上下一班去慕尼黑的火车。现在我是在彻底的绝望之中，因为我知道，如果这件事让我父亲知道，他极难原谅我的损失。所以，为了避免父母亲出城看见这些，于是在城南郊的法尔斯坦公园，我找到了一个类似樵夫的职业。整个公园里的松树已经被虫子糟踏得一踏糊涂，好多树木已被置于死地。我想，只有当我赚得足够的钱，把我残缺的衣物补齐的时候，我才能重新进行研究。

提及这件特别不愉快的插曲，我不是要重新注意那些已完全忘却的事情，而是因为在尔后同玻尔谈话中涉及到这件事，同时它还直接影响我在科学与政治之间这一危险的无人地带的行动。最初，莱比锡的那段经历给我留下了很深的、令人失望的印象，留下了对科学的一种合法性的忧虑。如果在科学里个人的恩怨要比发现真理更为重要，那对它还有什么值得伤脑筋的呢？值得回忆的是那次同玻尔的散步。非常幸运，他终于帮助我战胜了所有这些悲观的想法。说实在的，对于玻尔热情地邀请我到哥本哈根去叙谈别后之情，我是每日每时都期望着的。

可惜，这次会见竟是在一年半之后，因为我在哥廷根度过了一个学期，这期间我提出了一篇关于液体层流稳定性的论文，参加了慕尼黑大学的考试，而在另一个学期，我在哥廷根担任玻恩的助手。一九二四年复活节期间，我终于搭上“警声号”输船奔赴丹麦。整个旅行，我确实饱了眼福，一大批吸引游人的舰艇，其中包括装饰非常漂亮的四桅船在海面上荡漾。第一次世界大战一结束，世界的大部分机械船只都以沉入海底而告终，随之不得不重新制造出古老的帆船。

看着这美好的整个海景，犹如回到一百年以前。当最后我登上丹麦国土时，我是带点通常的忧虑的，因为我听不懂丹麦话，也一点不能说明我的情况。可是不一会我的思想就变得明朗了，我是到玻尔教授的学院去从事工作的，不但语言方面的困难消除了，而且所有的大门都是向我敞开的。于是，从一开始，在这个国土虽小、但十分友好的国家里，在有伟大品格的人的保护下，我感到心安理得。

在初到学院的一些日子里，对我也并不那么平静。有时候就会突然出现面临着来自世界各个角落卓越的很多年青人，他们不但在语言的能力方面，而且在物理学知识方面都特别傲慢地对待我。我很少能见到玻尔本人；尽管我不能指望去要求他比学院其他人有更多的时间，而大量的行政事务整天缠着他。过了几天之后，他来到我的房间，要我参加最近去西兰岛的旅游。他说，在学院里很少有长谈的机会，他要对我有更深的了解。

于是，我们两人背着我们的帆布背包出发了。开始我们乘坐有轨电车到西北城角，然后，从那里我们经由从前打过猎的“禁区”——鹿园步行。我们赞美那位于公园中心的小赫尔米特奇城堡，观赏着一大群在空地上吃草的鹿。接着我们又往北走，有时紧挨着海滨及平静的湖泊，有时穿进茂密的森林。原野上依然寂静地点缀着尚未打开百叶窗的避暑别墅，树枝才刚刚冒出它们第一个嫩芽——这正是早春的气候。我们的话题转到德国的情况，玻尔询问我有关十年前战争爆发时所记得的情况。

“我已听到不少关于那个时期的情况”，他对我说，“早在一九一四年八月，那些从德国旅行归来的朋友们就流露出不仅从整个德国民族而且还从外部民族受到压抑而表现的巨

大情绪，然而，这种情绪是和恐怖交织在一起的。当他们知道战争吞没了很多朋友，战争的双方承担了那么多不公正的牺牲，那么整个人民能在战争狂热的高潮中卷进去，不是很奇怪了吗？你能解释这些事情吗？”

“那时我只有十二岁”，我回答说，“我的观点显然是从我父母和祖父母的谈话中无意获得的东西为依据的。我根本就没有想过‘战争狂热’这个词所描述的真实情况。我知道，没有一个人对摆在我们面前的战争是高兴的，也没有一个人为战争的开始而愉快。如果您要我描述一下发生的事情，我可以说，我们突然意识到事情已经变得严重了。我们感到，我们完全生活在一个梦幻的世界里，这个美好的世界已被奥地利王太子的暗杀而意外地给毁坏了。此刻，我们的确面临着的现实是我们任何人无法拒绝的号令，面临着必须回答走什么道路的号令——尽管我们带着一种沉重的心情，但只不过是我们所有人的心情而已。不用说，因为德国和奥地利好象是一个国家，而A·F·费迪南德及夫人被塞尔维亚国家特务暗杀，并以此作为罪状进攻我们。因此，我们不得不保卫我们自己，就象我说的，大多数德国人决定全心全意地去干。

“现在，这种公众的决心在某些事情上仍然具有很大的魅力，有些可怕的和无理的事情，甚至我在一九一四年八月里可能感觉到了。那时，我跟父母亲从慕尼黑到奥斯纳布鲁克去旅行，我父亲是那里的预备役军官，他为了尽义务已写了参战报告。所有的火车站都挤满了慷慨激昂的人群；运输货物的卡车用花束和树枝掩蔽起来，上面挤满了武器和士兵，年轻的妇女和儿童们站在它们旁边；他们常常是喊叫着或者唱着歌一直等到火车离开车站。只要你愿意，就可以同任何陌生人谈起来，就象是多年的老朋友一样；任何一个人都想帮助

别人做点什么——我们全都变成了患难之中的兄弟。我不想从我的记忆中抹掉这段往事，没有一个目睹者会忘掉这个难以置信、难以想象的时期，会忘掉每天所发生的事情。这一切与那个称为“战争狂热”的东西并没有共同之处。我认为整个事情被后来的事态歪曲了。”

“你必须考虑”，玻尔说，“站在我们小国的立场上，对这样事情则采取完全不同的观点。从历史上看，在过去一百年期间里，大概完全可以证明德国的扩张是一点不费力的。一八六四年，头一次战争便是反对我们的国家，这场战争在我们中间造成了那么多灾难；后来在一八六六年，你们又战胜了奥地利；一八七〇年你们战胜了法国。对于德国来说，它总希望看到好象一天晚上就能建立起欧州帝国中心。但是事情根本不是那么简单的。一个国家要想建立帝国，首先必须赢得人民的信任，而这个普鲁士居然使用其全部的实力，其结果显然是要失败的；也许是因为他们的生存道路太艰难了，或者是因为他们的纪律观念不适用于其他国家。等德国人回过头来认识那些事情的时候，已经太晚了。在任何情况下，德国进攻巴尔干小国，侵扰外界，很明显担当了一个对外侵略的角色。在没有办法的情况下，甚至用暗杀奥地利王太子的办法来证明它的事业是正当的。巴尔干国家毕竟与暗杀无关，巴尔干国家也没有以某种党派结成任何联盟来反对德国”。

“我们德国人在那场战争中无疑是犯了不少错误”，我坦率的说，“正象我们刚刚谈过的那样。另一方面战争本身也必然带来许多不幸。我还应当承认，只有权威的法庭才能通过反对我们的世界历史，来判定这场战争的最后结局。另一方面，我在判断哪一个政客在他那一种地位所做出决定的

是非方面，也是相当幼稚的。但是，有两件事总使我烦恼，我很想知道你对于这两件事是怎么想的。”

“当战争开始的时候，我跟你说整个世界好象完全都变了。所有的小店铺每天都担心会突然倒闭。人和家庭的关系，曾经是我们生活的中心，给出了全国广泛团结的道路，分担着共同的命运。房屋、街道、树木——每一件东西看去都不一样了，或者就象J·伯克汗笔下的‘天空也失去了本来的颜色’。我有一个比我大几岁的表兄，他是我最好的朋友，从奥斯纳布鲁克来时他已是一个士兵了，我不知道他是被招募的还是自愿的，这类问题我从来没问过他，每一个适合于参加军队的人，都下了很大的决心。我的表兄，虽然他坚信我们一定能取得胜利，但他对制造战争的任何人或者为德国征服地盘而作战的人从来不抱一点什么希望。这种情况是在他离开之前从我们大量交谈中得到的印象。我们知道的是，象其他所有的人那样期望他献出自己的生命。他在一段时间可能有一点胆战心惊，但他还是那样若无其事的说着。我若不是小几岁的话，也可能干出同样的事来。后来，我的这个表兄在法国战死。难道你认为他应该使自己明白，整个战争是胡闹，是一种狂热，和群众性意向，从而拒绝这场战争保住自己的性命吗？谁有最好的办法来识别这些呢？一个青年人，他知道的事情少得可怜，要了解我们入侵萨拉热窝或者我们入侵巴尔干的真相就更加困难，怎么有可能指望看穿世界政治的阴谋呢？”

“听你谈的这些，我的心情很沉痛。”玻尔说，“我猜想，我能看出你对战争是了解的。也许只有走上战场之后才发现这场战争真正原因的那些年轻人，才是经历这场战争的最幸运的人，但是，这简直是一种可怕的真理。当人们走向战场

时，你不觉得他们就象冬天飞往南方的群生候鸟吗？这些候鸟中没有一个能知道由哪一个来决定飞行，或者为什么要迁移，但它们各自却按着同一步调飞翔，即使它们的头鸟死了，同样有希望达到目的地。在人类社会的初期：奇怪的事实是，一方面人的这种反应是基本的和无法控制的，如象森林大火或者任何其他自然现象；而在另一方面，这种反应又呈现出一种几乎无限的个体自由的情况。走上战场的青年人丢下了每天所担心和忧虑的重担，在生死的紧急关头，把那些通常顾及我们生存的疑虑置之度外，他们只有一个目标——胜利，而生活好象从来没有这样单纯与清白过。大概也不会象席勒的《沃伦斯坦骑兵曲》对青年人的生活特有的地位那么多漂亮的描写。你必须了解最后的这条界限：'谁若不择时机地去分担生活的必然风险，那么谁就可能失败！'这也许完全是真理。至于战争，我们必须说，战争绝非真正是由于国际性争端而引起的，因为人们在尽各种努力去避免战争。我们到丹麦来旅行，在这方面是跨出了很小的一步。”

“如果允许的话，我还想提第二个问题”，我继续说，“你方才提到普鲁士的纪律观念，而且它不能适用于其他民族。我本人出生在德国南部，我认为我们的传统在马格德堡和柯尼格堡两个地方出生的人，确实是多少有点差别的。然而普鲁士生活原则，即包括共同的目标、待人接物的谦虚、诚实与廉洁、勇敢和守信用等这些个人品性总是吸引着我，尽管这些原则被那些政客们滥用了，但我仍然十分珍惜它。可是为什么你们，例如丹麦人却感到如此不同呢？”

“我确信”，玻尔说，“这样来看待普鲁士的美德我们是赞成的。但是，我们更喜欢提供更大的个性范围、更大的普鲁士人的理想和计划的范围，而这种范围是普鲁士原则所

允许的。我们希望成为自由人民的社会，社会的每一个成员都能充分地正确识别所有其他人。对我们来说，自由和个性自主对于我们比外部纪律所得到的力量更为重要。这奇怪吗？不，我们的有教养的生活观念常常是由历史的模式形成的，而这个模式只有在神话和传说中存在，并且把它们的认识留给我们。我相信，普鲁士是在模仿着修道士的贫穷、纯洁、顺从，模仿着传播基督教‘灵光’的条顿骑士，而手里却拿着剑。在我们丹麦，我们特别喜欢冰岛传奇式的英雄——斯卡拉雷姆的儿子、诗人艾吉尔。艾吉尔在其年幼时便敢于三次反抗他的父亲，并要了一匹马跟着父亲长途跋涉。还有一个聪明的加尔，他用诗表达意志比这个岛上所有的人都好，在一切争辩中都追求他的见解。这些人或者他们的祖先，因为不愿意屈从强大的挪威国王的意志而来到冰岛。他们拒绝为那些命令他们参与一次国王的而不是他们自己的战争效劳。他们所有的人都是勇敢善战的勇士，我如果住在那个地方，是够害怕的了。当你读到那些英雄传奇故事的时候，你有可能被整个的搏斗与残杀的场面吓得毛骨悚然，但是，最重要的是，他们所有的人都要成为自由人，而且象关心他们自己一样，他们还关心其他变为自由人的正义事业，他们为了自己的土地或者荣誉而打仗，但是他们却不是为了征服别人的力量。

“我们自然不能说那些传奇都是以历史事实为依据的。但是，从这些冰岛生活中的精彩文化的史诗中，我们可以领悟到一种巨大而富有诗意的力量，以致它们逐渐形成我们当今的思想而毫不感到惊奇。英国的生活也打上了这种独立精神的印记，其中诺曼第人一度是很突出的。英国的民主形式，英格兰人对其他民族思想风俗的平等与尊重的观念，以及对正义和法律的高度尊重，可能来源于同样的原因。毫无疑问，

这就是英国为什么能够建立大英帝国的原因。公认为他们也象旧时的北欧海盗一样犯有暴力行为的罪过。”

这时已是下午了，我们穿过渔家小村紧挨着的海岸走去。在厄勒海峡对面没几里远的地方，我们能够看见沐浴在阳光下的瑞典海滨。当我们到达赫尔辛基时，天色已经黑了，因而我们决定快步赶到克龙堡的管辖区。它俯视着厄勒海峡的虎口处，并控制着海峡，城堡上布满了很久以前所达到的武力的象征——古老的枪炮。玻尔开始跟我谈起这座古堡的历史。十六世纪末，丹麦弗雷德里克二世采用荷兰文艺复兴的样式建成了这座城堡，比伸向远处厄勒海峡的阵地更多的城墙，用来提示它的有限的历史。十七世纪瑞典的战俘就关在这个城堡的铁窗里。但是，现在当我们在暮色中依次站在这古老枪炮前边看着厄勒海峡上行驶的帆船和落后的文艺复兴的建筑时，我们颇有点战争在这里老早就已结束的平静感觉，你会被一种曾经迫使人们反对另外些人的力量所吸引，感觉到被歼灭了的战船，感觉到胜利者的欢呼和绝望者的呼救。但是你同样知道，他们不会长久地决定人们的生活的进程。一个人确定了方向，他几乎就会确实感到整个四周都是平静的。

克龙堡，或者说城堡所处的地位，是同丹麦王子哈姆雷特的传说连在一起的，据说哈姆雷特曾用发疯或者冒充疯子的办法来逃避他叔父的杀人阴谋的。提起这个王子，玻尔继续说：“一个人想象哈姆雷特在这里住过，这座城堡的变化难道不奇怪吗？作为科学家，我们相信一座城堡只能是由石头以及建筑师们把石头铺成的漂亮的道路组成的。这些石头及具有绿色的屋顶和教堂里木制的雕刻品构成了整个城市。这里没有一件东西是由于哈姆雷特住在这里才变化的。而且

变化还又那么复杂。意外地是，这座城堡和那座城堡用着完全不一样的语言，这个大院竟变成了一个纯粹完整的世界，这个昏暗的角落使我们想起了人类精神中的黑暗，我们只能听任哈姆雷特的‘成或是不成’。其实，我们已经完全知道，哈姆雷特的名字最早出现在十三世纪的史诗之中，没有一个人能证明他真正活着，更不用说他住在那里了。但是每一个人都知道，这些问题都是莎士比亚向他提出来的，他已经创造了要揭示的人类灵魂深处的东西。于是，他也就不得不在地球上寻找一个地方，这就是克龙堡。因而，就我们所知，克龙堡对于我们来说也变成了完全不同的城堡。”

当我们谈话的时候，夜幕已经降临了，冷风从厄勒海峡迎面吹来。

第二天早上风刮得更紧了。天空被扫荡得异常清澈，隔着明亮的蔚蓝色的波罗的海，我们可以看到远至北方库林半岛的瑞典海岸。我们沿着波涛之上海拔七十到一百英呎的陡峭西兰岛北岸向西走去，眺望着对面的库林半岛，玻尔说：“你是在紧靠着山的慕尼黑长大的，你跟我说过不少你们爬山的事情。我知道居住在山国的人一定觉得我们丹麦人愚蠢和令人讨厌，大概你永远不会喜欢我们的国家。可是对我们来说，大海是太重要了。当我们面向这宽阔而深沉的大海时，我们就能想起我们所了解的许多诺言。”

“我能感觉到这一点”，我回答说，“我特别留神昨天我们在海滩上碰到的渔民——那里的人具有一种冷淡、谧静的神情。在山里则情况完全不同。人们的视线从附近的细微处，越过复杂起伏的地形，转移到仰望直插云霄的冰峰。大概这就是我们的民族如此爽快的原因。”

“在我们丹麦只有一座山”，玻尔解释说，“它虽然只

有五百英呎多一点，但却给我们以非常壮丽的印象，我们都称它为'天国之山'。据说，我们的一个同胞向挪威朋友介绍这壮丽景色时，那个游览者轻蔑地看着这座山，说：'在挪威我们管它叫做大土堆'，我希望您不要这么抨击我们的风景。请您还是告诉我们一点你们'青年运动'的朋友们爬山的情况吧。"

"我们一出去常常就是几个星期。去年夏天，我们从维尔茨堡穿过勒恩山脉直到哈尔茨山脉的南麓。从这里沿着耶拿市和魏玛市的方向返回图林根，又向班姆贝格前进。天气特别热时，我们通常就在野外过夜；如果天气不好的话，我们便住在帐蓬里或在农民的草棚里。有时为了支临时性的隐蔽费用，我们还要帮助人家收割庄稼。假如认为对我们自己有特殊的实用的东西，我们同样也得学习各种精彩的农活。还有，就我们自己而言，我们在森林里晚上常常点起营火，借着火光我们讲故事、唱歌或者演奏乐曲。'青年运动'的成员收集了许多古老的民间歌曲，而且还把它们整理成用小提琴和长笛伴奏的曲子，尽管我们的演奏实在不怎么好，但这种活动却使我们其乐无穷。有的时候我们可以把自己想象成一个中世纪的游说家的角色，把上次大战的悲剧以及后来的政治斗争同'三十年战争'的绝望混乱相比较，不顾那次战争如此恐怖而却宣称产生了许多这样的歌曲。一种类似亲属关系的亲密的感情随着年龄的增长似乎抓住了整个德国的青年人。我记得在森林里发生过一件事，一个人邀请我参加一个在古堡召集的青年人集会，当我到那儿的时候，好多青年人正在川流不息地进入会场。这座古堡坐落在风景如画的斯维宾，从几乎垂直的峭壁向下看便是阿尔特米尔山谷。就象一九一四年八月初那样，我完全被这种自发聚集而生长起来的

力量所征服了。在其他方面，我们‘青年运动’还做了点有利于政治舆论的工作。”

“你描述的那种生活好象还是很浪漫的呢，连我都被这种生活吸引住了。然而，我能够看出你已被我们昨天所谈的思想动摇了，可是在你参加会议之前，用不着写一个对你适用的誓言，就象福尔摩斯做的那样。”

“没有，这里没有写或甚至无须写我们必须坚持的什么原则。我们绝大多数人对任何这样一些仪式远远还是不可知的，尽管没有一个人命令我们遵守这些规则，可是，也许我应该添上几条这样的原则，例如我们不得吸烟，只能喝很少一点酒，为了讨得我们双亲的喜欢，我们的衣着应该非常简朴，我没想到，我们的许多人对夜生活很感兴趣——但是，这却没有写在原则上。”

“如果你们当中一个人若违反了这些原则，又怎么呢？”

“我不知道，大概因为听了它简直要发笑。事实上，然而恰好没发生违反的事。”

“这不是不可思议的，或者我也许应当说是奇特的。”玻尔说，“古代的想象保留着多少魔力呢？除非写在法律上或者有外部的强制，否则几个世纪之后那些东西照样将会影响人民吗？昨天我们谈的修道士的誓言，以及修道士的头两条原则是非常值得我们赞赏的。如今他们是诚心诚意地采取某种强制性苦役和比较节欲的生活，但是我希望您不要强调第三条原则，而是尽快的顺从，否则就可能带来危险的政治后果。你知道，我认为冰岛的艾吉尔和加尔这两个人比你们普鲁士的秩序要高明得多。”

“可是我跟您讲，慕尼黑国内战争期间您是知道的，您一定对诸如社会生活中国家的原则那种一般性问题感到奇怪，

在你们‘青年运动’的生活里，这些规则能适用哪些方面呢？”

“在国内战争期间”，我回答说，“我支持政府方面，因为整个战争对我似乎毫无意义，而且我希望这场战争能较快的结束。但是我必须承认，对我们的反对者来说，我也感到相当内疚；一个普通的德国人，尤其是劳动者，为了我们在战争中的胜利而去打仗，就象其他所有人一样，最后都成了同样的牺牲品；而面对着需要向德国人民做出负责的解释的问题，统治阶级的舆论却是绝对地为我们的统治者辩护。从此，我意识到，国内战争一结束，便要建立同劳动者朋友般的联系是绝对不可少的。这同样也是‘青年运动’绝大多数成员的观点。

“例如在四年前，我们在慕尼黑就协助投入业余活动，我自己就连续随便地讲过许多有关天文学方面的问题，向着成百名劳动者和他们的妻子指出天上的各种星座，描述行星的运动和彼此间的距离，并且很费劲地讲解了他们感兴趣的我们银河系的组成。和一位青年小姐在一起，我还帮助她，给她讲述了德国歌剧作品的历程，她唱歌，我用钢琴给她伴奏；后来，她能对各种乐曲的结构和历史做简明扼要的概述。虽然所有这些事情都带有点特别外行的味道，但是我相信，听众能够很好地评论我们的意图，而且还会象我们一样，享受我们音乐会的乐趣。也就是当‘青年运动’的青年人回到初级教育的那个时候，上述的情况使我想到，我们的初级教育比所谓的高级教育，需要有许多更好的教师。

“我完全不明白为什么人们把我们的‘青年运动’看作是神秘的和不可理解的，我也不明白为什么他们害怕这个运动可能卷入政治的错误道路。在这方面我并不担心，到目前

为止，它确实还不是那样的组织，这个组织已经在它的活动中毕竟干出不少好的事情。我想，要复兴旧的手工艺时代的普通歌曲和民歌，特别是对如巴赫那样古老音乐的兴趣复活，只要经过业余的艺术剧组和音乐小组一致努力唤醒兴趣，就一定能把美好的东西带进每个穷人的家庭。”

“我高兴地看到您还是这么乐观。”玻尔说，“可是，后来我们从报纸中得知有关德国反犹太主义的不祥之兆，显而易见那是由煽动者鼓动的。在那种情况下，您自己是怎么过来的呢？”

“是的，慕尼黑小组相当多的争吵已经开始了。他们喜欢某些随着德国人的胜利而不肯让步的旧军官的支持。然而，我们也没很认真地对待这个小组，因为毕竟您还不能把理性的政治建立在光是怨恨之上。那些颇有名望的科学家们对待这些事情象一群鹦鹉一样随声附和，才是最遭糕的事情。”

接着，我向他讲了我在莱比锡的那段经历，在那里相对论变成了政治诽谤的课题。在那个时代，我们两人都有点想法，那就是不知哪一天由于明显的但不太重要的政治过失而突然出现可怕的后果，可是这种事情在近期也还是不少。那时，玻尔的回答就象对准反对相对论的物理学家一样，是对准那些显然不满的旧军官的。

“你看，我曾经很喜欢英国人对待德国人的姿态。英国人试图行为光明正大，但他们同样试图成为输得起的人；而另一方面，普鲁士人则认为失败是件不光彩的事情，他们鼓吹胜利是高尚的，值得赞扬的。英国人比他们更高明些，他们认为对胜利者来说，应该是宽宏大量的，接受自己的失败而不怀恨在心，如果他们能这样做，他们便能获得下次战争的胜利，在自由的人们中间，他们是最自由的人。我又想起

了旧时的北欧海盗，大概在你看来，这件事使我变成一个浪漫主义者了，可是我对待所有这些事情，也许比您所确信的要认真得多。”

“噢，不，我看您是个相当严肃的人。”我对他说。

我们同时到达西兰岛北部的吉里列基。一向挤满了愉快度假者的夏日海滨，在这寒冷的日子里我们也完全放弃了。我们捡起几块石片擦水面抛出去，或者把石头对准老渔夫的篓子，或者对准一小块浮木，试试我们的技能。玻尔告诉我，战后不久他曾同克拉梅斯游览过这里的海滨，他们发现一个有雷管的德国水雷浮在水面上。他们试图往雷管上扔石头，而没有继续击中水雷本身——直到他们意识到，假如他们俩人击中了靶子中心的话，那恐怕连追述这段惨事的人都没有了。

在我们散步之余，玻尔和我以向远处的某一目标扔石头为乐趣，这种活动，间或又引起关于想象力的谈话。我偶而看见很远处有一个电线杆子，用石头差不多刚好能达到。然而，当我用石头朝着它扔去的时候，玻尔沉思地说：“如果您总想着您开始的目标，或者随之纠正您的胳膊和手腕的角度，您便不可能有命中的机会。但是，鉴于您想象得很不合理，那么无须特殊的努力，您仍能够打中靶子。噢，您是这么做的。”接着我们进行了关于原子物理学中想象与概念规律的讨论，然而这些在其他章节里还要更多地谈一谈。

我们在这个岛西北部森林边缘的一家小旅店里过了一夜。第二天早晨，玻尔指给我看他的国家特斯维尔德市周围的房屋。在那里，我们进行了许多有关原子物理学方面的谈话。在一年的这个时期，那些房屋还没有准备好接待客人。接着我们向返回哥本哈根的方向前进，在弗雷德里克堡作了

短暂的停留，我们看见腓特烈堡，壮丽地荷兰风格的文艺复兴式的建筑群座落在湖泊和园林之中，十分明显，那是曾经用来给国王打猎休息的一个场所。我感觉到，玻尔对这庸俗的显贵生活的遗址并不象对克龙堡城哈姆雷特巨大建筑物那么喜欢。因此，毫不奇怪，话题又回到原子物理学方面，因为在这个课题里已经塞满了我们好多未来的思想，它可能正是我们生活的最有价值的部分。

第 五 章

量子力学以及同爱因斯坦的谈话

（一九二五——一九二六年）

在这些关键性的年代里，原子物理学很象玻尔在我们攀登海因山时所预言的那样，发展起来了。正确地理解原子及其稳定性所遇到的种种困难和内在矛盾，似乎不大可能消除甚至不大可能减少；相反，这些困难和内在矛盾反而变得更加尖锐了。所有用旧物理学的概念工具去克服这些困难和矛盾的尝试，似乎都是注定要失败的。

例如，美国物理学家康普顿发现，当辐射被自由电子所散射时，光（更确切地说是x射线）便改变其波长。这个结果可用爱因斯坦的假说来说明，即光是由很小的粒子或能包所组成，它们以极大的速度通过空间运动，并不时地（例如在散射过程中）与电子相碰撞。另一方面，有大量的实验证据表明，光与无线电波之间唯一的基本区别，就在于前者的波长较短；换句话说，光线是波，而不是粒子流。此外，荷兰物理学家豪斯汀在测定所谓多重结构的谱线强度之比时，产生了一些很奇怪的结果。这些强度之比可以借助玻尔理论来确定。尽管从玻尔理论导出的公式是不正确的，然而小的修正所产生的新公式似乎符合实验的结果。因而，物理学家逐步学会了使他们适应于许多困难。他们变得习惯于这一事实：经典物

理学的概念和模型并不能严格用于原子尺度的过程；另一方面他们已经意识到，通过巧妙地运用这种自由，他们有时可能猜出某些细节的正确的数学公式。

一九二四年夏，在哥廷根，由玻恩主持的讨论会上，我们已经开始谈论一门新的量子力学，它的模糊的轮廓已经到处可以看出，有朝一日会取代古典的牛顿力学。同年冬天，我再次在哥本哈根度过，试图发展克拉梅斯的色散理论，我们的努力与其说是致力于推导正确的数学关系，不如说是按照与经典理论相似的公式来猜测它们。

每当我回想起原子理论在那几个月里的情况，我总会想起与"青年运动"的一些朋友一起登山的情景。大概是在一九二四年秋末，我们从克鲁斯走到爱琴湖。山谷里的天气不好，云雾笼罩着群山。登山途中云雾开始萦绕着我们，过了一会儿，我们才发现自己处在一片乱石和丛林之中，根本没有小路的迹象。我们决定继续攀登，尽管我们有点儿担心，一旦走错了路，就得折回来。突然云雾变得如此浓密，以至我们相互间完全看不见了，只得靠呼唤来保持联系。与此同时，头顶上渐渐变得亮些了，光也忽然改变了色彩，我们显然处在一片行云流雾之中。然后，相当突然，我们可以看见陡峭的悬崖挺立在我们面前，沐浴在灿烂的阳光之中。片刻之间云雾又合拢了，但是我们根据这幅图景可以看出我们的方位。再经过十分钟的艰苦攀登，我们终于登上鞍形顶峰，矗立在云海之上，沐浴在阳光之中。朝南我们可以看到桑文德群山的山峰和更远处积雪覆盖中的阿尔卑斯山，大家都宽慰地松了一口气。

同样，一九二四至一九三五年冬，在原子物理学方面，我们显然要进入一个浓雾密布，但已透过微光的领域，而且有幸展望令人激动的新远景。

一九二五年夏，当我重新在哥廷根大学开始研究工作的时候（从一九二四年七月起，我已经是这所大学的“无薪教师”），我做的第一个尝试是或多或少地利用我和克莱姆在哥本哈根工作中已证明是如此富有成效的方法，去猜测什么样的公式能表示氢原子光谱的谱线强度；但是，这一尝试走不通，我发现自己陷进了复杂的数学方程的不可逾越的困境中，毫无出路。但是，这项工作却帮助我确信应该略去原子内部的电子轨道问题，并把与谱线强度有关的频率和振幅问题当作很好的代替物来处理，无论如何，这些量值都可以直接观察到，正如我的朋友奥托在我们骑自行车绕沃琴斯湖漫游期间详述爱因斯坦理论时已经指出了的，当物理学家试图解原子难题时，必需考虑可观测量。我试图把这个方案用于氢原子，由于这个特殊问题过于错综复杂而失败了。因此，我寻找一种比较简单的数学方法，并且在摆中发现了它。摆的谐振动可以作为原子物理处理分子振动的模型。我的工作沿着这条路线前进了，而不是由于个人不幸生病而放慢。

将近一九二五年五月底，我患了严重的花粉热，以致我不得不向玻恩请十四天假。我直接去赫里戈兰，我希望远离花草在令人心旷神怡的海滨空气中很快恢复健康。在我到达的时候，我那肿胀的脸一定很引人注目；我的女房东带了一个人来看我，断定我打过架，由于后来的影响她才答应照料我。我的房间在三楼。由于这房子建在这岩岛的南边，居高临下，所以我能看到这村庄远处的沙滩和大海的一幅壮丽的景象。当我坐在阳台上时，我有充分的机会反复思考玻尔的话，无限是那些眺望大海的人们所能理解的。

除了每天散步和长时间游泳之外，在海里戈兰没有什么来分散我对这个问题的思考，因而比我在哥廷根完成的进展

会要快得多。几天就足以抛弃总是阻碍这种尝试开始的所有数学障碍，并且得出了我的问题的简单数学公式。几天之内，我就弄清楚了，在原子物理学中，只有用可观测的量能准确地取代玻尔-索末菲的量子条件。很明显，我用这个附加假设已经在这个理论中引进了一种严格的限制。当时，我已注意到，新的数学方案并没有保证可以无矛盾地进行运算。尤其是能量守恒原理是否仍然适用，则完全无肯定。我深知这个原理决定着我的方案的成败。

不过，若干计算已表明，这种方法显得非常自洽。因此，我就集中证明能量守恒原理仍然适用。一天晚上，我已达到准备用能表来确定独立项的程度了，用现在的术语来表达，就是能量短阵，现在看来会是一系列非常笨拙的计算。当首项似乎与能量守恒原理相符合时，我变得颇为激动，我开始犯元数计算上的错误。结果，几乎是在凌晨三点，我才最后计算完毕，所有各项都满足能量守恒原理，我不再怀疑数学上的相容性以及同我的计算所表明的这种量子力学的一致性。最初，我深为惊奇。我感到，通过原子现象的外表，我正在观察一件异常美妙的内情，而且现在我必须探索如此丰富地展现在我面前的大量数学结构的性质，对于这种思想，我几乎感到眼花缭乱。我是太兴奋了，通霄未睡，黎明时我就朝海岛的南端走去，我曾渴望到那儿去攀登伸向大海的一块岩石。我没有太费力就攀登上去了，等待着日出。

人们公认，在海林戈兰的那一个晚上我所看到的，并不比我在一九二四年秋银白阳光普照的悬崖多些什么。然而当我向我的最严格的评论家泡利报告我的研究成果时，他热情地鼓励我继续沿着这条已选择的道路走下去。在哥廷根，玻恩和约尔丹对新的前途作了估计，在剑桥，英国青年数学家狄

拉克为解决有关问题提出了他自己的方法，仅仅几个月之后这些人的集中努力，导致了清晰的数学框架的产生，有希望包含原子物理学各个方面。这里我不再说我们有好几个月极度紧张地工作，几乎使我们喘不过气来，转而谈谈我在柏林作了一次关于新量子力学的讲演之后，我和A·爱因斯坦的一次谈话。

那时，柏林大学被公认为德国物理学的堡垒，这里有象普朗克、爱因斯坦、冯·劳厄和能斯特等有声望的人物。在这里，普朗克发现了量子论，鲁宾斯用对热辐射的特性测量证实了它。也是在这里，一九一六年爱因斯坦正式提出了他的广义相对论和引力理论。科学生活的中心是所谓的物理学讨论会，这种讨论会也许要追溯到赫姆霍兹(Helmholtz)时代物理系全体成员一般都参加这个讨论会。一九二六年春，我应邀给这个著名的团体讲新的量子力学。由于这是我第一次有机会遇见这么多有名望的人物，我小心谨慎地对当时还是非传统的理论的概念及其数学基础作了清楚的说明。我显然引起了爱因斯坦的注意，因为他邀请我陪伴他漫步回家，那样我们可以更详细地讨论这一新思想。

在路上，他问了我的学习和以前的研究工作。我们刚进门，他就针对我最近研究工作的哲学背景问题开始了这次谈话。“您向我们讲的，听起来非常离奇。您假定原子中存在电子，您这样做也许完全正确。但是，即使我们能在云室里观察到电子的径迹，您也拒绝考虑它们的轨道，我非常想更多地听听您提出这么离奇的假设的理由。”

我回答：“我无法观察电子在原子内的轨道。但是，一个原子在释放电子（放电）时所发出的辐射，可以使我们推断出电子的频率和相应的振幅。总之，即使在旧物理学中，

波数和振幅也可以被认为是电子轨道的表征。现在，既然一个完善的理论必须以直接可观测量作依据，我认为，使我自己局限于这些量，把它们当作电子轨道的代表来处理，似乎是比较合适的。”

爱因斯坦反对说：“难道您认真相信，除了可观测量，没有一个能进物理理论吗？”

“您在相对论中不正是这样做的吗？”我有点惊奇地问道。“您毕竟强调过，不允许说绝对时间，仅仅因为绝对时间不可能被观测到；而只有在运动参考系或静止的系统中存在时钟读数才与时间的确定有关。”

“很可能我用过这种理由。”爱因斯坦承认。“但是这仍然是毫无意义的。也许可以更灵活一点解释，记住实际上已经观测到的量也许是有启发作用的，这样解释也许是外交辞令。但是在原则上，试图单靠可观测量去建立理论，那是完全错误的。实际上，正好相反，是理论决定我们能够观测到的什么东西。您应该重视，观察是一个非常复杂的过程。被观察的现象在我们的测量仪器中产生着某些事件。结果，进一步的过程就在仪器中发生，这些过程通过复杂的途径最后产生感官印象，并帮助我们把这些印象固定在我们的意识之中。沿着这条途径，——从现象到这种现象固定在我们的意识之中，——在我们能够声称已经完全观察到任何事物之前，我们必须能够说出自然界是怎样起作用的，至少必须在实际上知道自然的规律；只有理论，也就是说，自然规律的知识，才能使我们从我们的感官印象推断出基本现象。当我们宣称，我们能够观察到某种新事物时，实际上应当是说，虽然我们就要提出同旧的自然规律不一致的新的自然规律，可是我们仍然假定，现存的规律，包括从现象到我们的意识的规律，

是以这样的方式起作用的即我们可以信赖这些定律。从而，我们才能谈论“观察”。

“例如，在相对论中，我们预先假设，即使在运动参考系中，光线从时钟运行到观察者的眼睛或多或少总是象我们通常所预期的那样进行的。而在您的理论中，很明显，您假定，光从振动的原子传播到分光器或眼睛的整个机制，恰好象人们通常设想的那样在起作用，那就是说，甚本上遵守麦克斯韦定律。假如不是这样，那您就不可能观察到您所说的可观察的量了。您说您引进的只是可观察的量，因而，是您试图要提出的理论的性质的一个假定。实际上，您是在假定，您的理论与辐射现象的旧描述在本质上并不冲突。当然，您也许是对的，但是您不可能确定。”

尽管我感到爱因斯坦的观点很有说服力，但他的态度还是使我大为吃惊。因此，我说：“按照马赫的思维经济原则，一个好的理论，只不过是观察结果的提炼。事实上，据说您的相对论很果断地利用了马赫的概念，但是您刚才对我讲的，似乎表明恰恰相反。我该怎么解释这一切呢？或者不如说，您自己究竟怎样想的呢？”

“说来话长。不过，您高兴的话，我们可以就这个问题谈谈。马赫的思维经济概念可能包含着一部分真理，但是我以为，这无关紧要。首先，让我提出几点有利于他的论据。我们显然是靠我们的感官来掌握这个世界的。即使当小孩学说话和想问题时，他们这样做是由于认识到，有可能用一个单词（例如“球”字）来描述高度复杂的但是以某种方式相联系的感官印象。他们从大人那里学到这一点，并且为自己也能理解而满意。换句话说，我们可以争辩说，“球”这个字的形成，因而“球”这个概念的形成，就是一种思维经济，

它能够使孩子用一种简单的办法把很复杂的感官印象结合起来。这里，马赫甚至也没有涉及这样的问题：在交流思想的过程能够开始之前，一个人（或小孩子）必须具备那样的心理素质或身体的素质。众所周知，对于动物，这种过程的作用显然很小。现在我们不讨论它。当时马赫也认为，科学理论的形成，尽管复杂，也是以类似的方式产生的。我们试图把现象加以整理，把它化成一种简单的形式，直至我们借助少数简单的概念就能描述也许是大量的现象。”

“这一切听来很有道理，但是我们仍需自问：这里在什么意义上应用了思维经济原理呢。我们是在考虑心理上的经济还是逻辑上的经济呢？或者我们在讨论的是现象的主观方面还是现象的客观方面呢？当小孩形成‘球’这个概念时，他用这个概念把复杂的感官印象结合起来，他采用的是纯粹心理上的简化呢，还是确实存在的这个球呢？马赫也许会回答，两种说法表示用一个事实。但是，这样说他就完全错了。首先，这个球确实存在，这一判断也包含许多将来会出现的种种可能的感官印象的陈述。将来的可能性和预见性构成我们的实在的一个很重要的部分，不能轻易地忽略掉。此外，我们应该记住，由感官印象推断出概念和事物，是我们一切思维的基本前提之一。因此，如果我们要想说的只是感官印象，我们就一定要摆脱我们的语言和思想。换句话说，马赫多少忽略了世界确实在着，我们的感官印象是以客观事物为基础的这一事实。

“我并不希望以一个朴素实在论的拥护者的身份出现；我知道这些是很困难的问题，但是，当时我认为，马赫关于观察的概念也太朴素了。他声称，我们都很清楚‘观察’这个词的含义，并且以为这就使他不必去区分‘主观的’现象和‘客

观的'现象。难怪他的原则有着这样一个可疑的商业性名称——'思维经济'。他的简单性观念在我'看'来也太主观。事实上，自然规律的简单性也是一个客观事实，而且正确的概念方案必须使这种简单性的主观方面和客观方面保持平衡。但这是一个很困难的任务。我们不如回到您的讲演罢。

"恰恰是因为我们刚才讨论过的问题，我非常担心，您的理论总有一天要陷于困境。我想更详细地说明这一点。在进行观察的时候，您的所作所为，好象一切都保持原样，也就是说，好象您还能用旧的描述语言。可是在那种情况下，您也只好说，我们可以在云室中观察到电子的径迹。同时，您又宣称，在原子内部没有电子的轨道。这显然是胡扯，因为您不可能摆脱限制电子运动空间那个简单的轨道。"

我竭力为新的量子力学辩护。"暂时我不知道该用什么样的语言去表达原子内部的过程。固然，我们有了一种数学语言，那就是一种确定原子的定态或者原子从一个定态到另一个定态的跃迁几率的数学描述，但我们还不知道——至少一般说来不知道——这种语言怎样同古典物理的语言联系起来。当然，如果我们首先要把这种理论用于实验，我们就要找到这种联系，因为要做实验的时候，我们总是用传统语言来描述。因此，我不能够真的断言我们已经'理解了'量子力学。我们假定这个数学体系是可行的，但是至今还没有建立起同传统语言的联系。在这件事没有做到之前，我们不能期望不带内在矛盾地去谈论云室中的电子径迹。因此，要解决您所提出的困难，可能还为时过早。"

"很好，我接受这种说法。"爱因斯坦说，"在几年之内我们会再谈论它。但是，也许我可以向您提出另一个问题。在您的讲演中所阐述的量子力学有两个截然不同的方面。一

方面，正如玻尔本人恰当地强调的，它解释了原子的稳定性；它使得相同的形式屡次重现。另一方面，它又解释了自然界的奇怪的不连续性和不守恒性，这从观察荧光屏的闪光时就一目了然的。这两方面明显地是连结在一起的。在您的量子力学中，两方面都应当加以考虑。比如，当您说到原子发光时，您能够算出定态的分立能量值。这样，您的理论就能解释某些形式的稳定性，这些形式彼此不能连续地合并，而必须有一定量值的差别，并且似乎是能够始终不断改进的。但是在发光时出现了什么呢？您知道，我曾提出，当一个原子从一个定态的能值突然降到另一个定态能值时，它发射出的能量差象一个能色一样，即所谓光量子。在那种情况下，我们就有了一个特别清楚的关于非连续性的典型。您认为我的想法正确吗？或者，您能够用一个更精确的方式来描述从一个定态到另一个定态的跃迁吗？”

在回答中，我不得不说一些这样的话：“玻尔曾告诉我，人们无法用传统概念来描述这种作为时间和空间中的过程。当然，对这一点我们谈得很少，事实上我们一点也不知道。我是否应该相信光量子，在目前我还不能说。辐射很明显与您把它认为是光量子的非连续因素有关。另一方面，也存在连续因素，比如在干涉现象中所出现的那样，利用光的波动理论来描述这种连续因素就很简单。但您问量子力学对这些非常困难的问题是否有什么新说法，那当然是完全正当的。我相信，我们至少可以希望，量子力学总有一天会说点什么。

“比如，我可以设想，如果我们考察一个原子和其它原子或辐射场作用期间的能量状态，我们就会得到一个很有意思的答案。如果象我们从您的光量子理论中预计的那样，能量必须是不连续地改变的，那么能量起伏，或用更精确的数学

术语来说，这种均方起伏就会比能量连续变化的更大。我倾向于相信量子力学会导致更大的值，并由此确立这种不连续性。另一方面，干涉实验中出现的连续因素也应当加以考虑。也许我们应当把从一个定态到另一个定态的跃迁设想作电影中许多演出的画面那样。这种变化不是突然的，而是一个画面慢慢地消失，而另一个短面慢慢地加强，这样一段时间里，两个画面混起来，分不清是那一幅画面。同样，原子可能存在着这么一个过渡状态，在这个状态下，我们无法说出原子是在上面一个能态还是下面一个能态。”

“您正在薄冰上走路”，爱因斯坦提醒我，“因为您突然到我们了解的自然界又不再理会自然界的实在行为。在科学中，我们应该考虑的只是自然界的行为，您和我对自然界的了解非常可能是大不相同的。但是谁会对那样的问题感兴趣呢？只有您和我，对于别人，那是无关紧要的事。换句话说，如果您的理论是正确的，那您迟早总得告诉我，原子从一个定态过渡到另一个定态时的行为。”

“也许是这样”，我说，“但是在我看来，您的用语太严格了。我仍然承认，现在我所能说的每件事，听起来可能是很肤浅的解释。所以，让我们等待着原子理论如何发展吧。”

爱因斯坦怀疑地看了我一下，“在还有那么多关键问题完全没有解决的时候，您怎么能够对您的理论真的会有这样大的信心呢？”

我当然必须考虑很久才能回答：“正如您那样，我相信自然规律的简单性有一种客观的特征，它不只是思维经济的结果。如果自然界把我们引向极其简单和完美的数学形式——我所说的形式是指假设、公理等等有条理的体系——引向前人未见过的形式，我们就不能不认为这些形式是‘真’，它们

揭示了自然界的真正特征。也许这些形式还包括了我们与自然界的主观关系，它们反映了我们自己思维经济性因素。但是，我们永远不能由我们自己达到这些形式，它们是通过自然界展现给我们的，仅仅这一事实就有力地提示我们，我们只是实体本身的一部分，并非只是我们关于实在的思维的一部分。

“您也许会反对我由谈论简单性和完美性而引进了真理的美学标准，我坦率地承认，我被自然界向我们显示的数学体系的简单性和完美性强烈地迷住了。您一定会感觉到：自然界突然在我们面前展现开这些关系的几乎令人惊诧的简单性和完善性，而对此，我们谁也没有一点准备。这种感觉完全不同于我们在特别出色地完成一次指定的任务时所感到的那种喜悦。这就是为什么我希望我研究的问题将用这种那种形式来解决。在目前的情况下，这种数学体系的简单性有着进一步的后果，那就是它应该有可能想出许多实验，这些实验的结果可以事先由理论加以预测的。如果事实上有实验结果与预测吻合，那就毫无怀疑，这个理论在这个特定范围内反映了自然界。”

爱因斯坦表示同意，“实验的检验当然是任何理论的有效性的一个不可缺少的前提。但是一个人无法事事进行实验。这就是为什么我对您的简单性论述如此感兴趣的原因。可是我却永远不会断言，我真正懂得自然规律的简单性所包含的意思。”

我们就真理性标准在物理学中的作用谈论了很长时间后，我便告辞了。我下一次见到爱因斯坦，是一年半以后在布鲁塞尔的索尔末会议上，在那个会上，量子论的认识论基础和哲学基础又一次成为最热烈讨论的主题。

第六章

新领域

（一九二六——一九二七年）

要是有人问我：哥伦布发现美洲的最大成就是什么？我的回答不会是他根据地球是球形的，一直向西航行而到达印度，因为在他之前别人已有这种想法；也不会是他周密地准备他的远征探险和非常熟练地装备他的船只，这些别人也可以做得很好。我想他最伟大的功绩是敢于离开这个世界熟地而向西航行的决心，并因携带的给养不足以使他从所达地点返回本国。

同样，在科学上，只有他准备离开已建立学说的安全港，不顾一切，顽强地前进，否则就很难开拓出一个科学的新领域。爱因斯坦的相对论，放弃了传统物理学中的支柱——同时性概念。他这样做，当然大大地触犯了许多第一流的物理学家和哲学家，致使他们成了爱因斯坦的激烈反对者。通常把科学进步的要求仅仅看成是对于新思想的吸收和详尽阐发，这种看法大多数科学家都乐于接受。可是，在开始进入一个新领域时，可能必须改变科学思维的完整结构，这种改变会远远出乎多数人的意料之外。在莱比锡会议上我就体会到，许多人对待新思想是多么的勉强。这种情况使我预料到在原子物理学的发展道路上，也会遇到同样的阻力。

在一九二六年的头几个月，也就是我在柏林发表演讲的同时，哥廷根最先获悉了维也纳物理学家薛定谔的工作。他正从一个全新的方面探索原子理论。一年前，法国的德布罗依已经注意到奇特的波粒二象性的事实，这时，它似乎是合理解释光现象的障碍，波粒二象性同样涉及到其它物质，比如电子的行为。薛定谔进一步发展了这个思想，他利用新的波动方程，提出了物质波在电磁场作用下传播的规律。在薛定谔模型中，原子壳层的定态同一个系统，比如振动弦的稳定振动相比较，只是把通常看作定态能量的所有数值都作为稳定振动的频率来处理。用这种方法，薛定谔获得的结果很可能与新量子力学一致，而且薛定谔很快成功地从数学上证明了他的波动力学等价于量子力学。换句话说，这是对同一结构的两种不同的数学描述。自然，我们为这一新的进展而欢欣鼓舞，因为它大大地加强了我们坚持新数学方程正确性的信心。而且薛定谔的推导本身简化了数学计算，而这种计算过去曾经严重地曲解了量子力学的适用范围。

然而，不幸的是，数学方法的物理解释给我们提出了相当困难的问题。薛定谔相信，把粒子与物质波联系起来已获得一种手段，以便清除长期妨碍量子理论发展的绊脚石。根据他的看法，这种物质波完全可以同电磁波或声波在时间和空间中的过程相类似。象量子跃迁这样含混不清的原理必须彻底抛弃。那时，我并不相信这种同我们哥本哈根的概念完全背道而驰的理论，并且不安地注视着如此多的物理学家怀着一种解放感来正式地欢迎薛定谔的这种学说。多年来，我与玻尔、泡利和其他许多物理学家的许多讨论，已确信不可能建立起描述原子过程的时空模型。在柏林爱因斯坦曾给我讲过，间断性务必把它看作是原子现象的特征。显然，这只不过是一

个不明显的特征。我们要达到能在物理学上完全解释量子力学，仍然有一段很长的路要走。但可以肯定，我们必须摆脱时空的客观过程这种思想。

现在，薛定谔解释的新奇之处在于，他简单地否定了这些非连续性的存在。这样，当原子从一个定态过渡到下一个定态时，再不能说是它的能量瞬间改变了，并以爱因斯坦光量子的形式释放了这份能量差。辐射是一个不寻常过程的结果，即两种稳定的物质振动同时激发的结果，振动的干涉导致出现电磁波的发射。这一个假说，对我来说似乎过于完善而不能令人置信。我收集那些能说明不连续性是主动存在的论据，但是不易做到这一点。最简单的论据当然是普朗克的辐射公式，其实验的正确性是毋庸置疑的，最终已导致了普朗克的分立能量子。

到一九二六年夏末，索末菲邀请薛定谔参加慕尼黑研究班。那时，我再次到哥本哈根工作，并熟悉了薛定谔的方法，将其用于氦原子的研究。我在挪威的莫萨湖度假时完成了上述工作。我的帆布包里塞满了手稿。我从古德兰斯达尔动身，踏上尚未开辟的道路，爬过几条山脉到达了孛格内湾在哥本哈根作短暂停留后，我便到慕尼黑去。我打算在那里和我的双亲一起度过其余的假期，这样我就能亲自听听薛定谔的讲演并就其理论同他本人进行探讨。听众中有慕尼黑大学实验物理学院院长维恩，他很怀疑索末菲的“微粒说”。

薛定谔首先利用氢原子作为例子解释了波动力学的数学原理，看到他用传统的方法完美而简单地解决了泡利利用量子力学才能极其困难地解决的一个问题，我们非常高兴。遗憾的是，当薛定谔继续谈论他自己对波动力学的解释时，他却无法使我信服。因此，在随后的讨论中，我提出了一些不

同意见，尤其指出薛定谔的概念无助于解释普朗克的辐射定律。为此，我受到了维恩的责备，他相当严肃地对我说，他理解我在惋惜量子力学以及诸如量子跃迁等等谬误被抛弃时的心情。我所提到的困难，无疑不久会被薛定谔解决。当然薛定谔在他的回答中并没有这么肯定，但他仍然深信解决我的相反意见，只不过是时间问题。我的论点显然未能引起任何人的注意，即使是我最友好的索末菲也被薛定谔的数学公式征服了。

所以，我怀着不安的心情回家了。当晚，我给玻尔写信，向他转告了这次不愉快讨论的结局。也许正是这封信，他邀请了薛定谔九月份到哥本哈根来住些日子。薛定谔接受了这一邀请，我也就赶回丹麦去了。

在火车站玻尔就开始同薛定谔讨论开了，以后则每天从清晨讨论到深夜。薛定谔住在玻尔家里，这样就没有什么事情打断他们之间的对话。虽然玻尔平常宽宏大量，对人友好，但现在我发现，他简直象是一个无情的狂热者，一个不准备做起码让步或承认自己可能有错的人。要描绘他们讨论的热烈程度和每一方的说服力有多大，几乎是不可能的。他们各抒己见。在这里我所能做的，是整理一份有关他们谈话的很不完整的副本。在谈话中，他们两人都竭尽全力为维护各自对这种新数学方法的独特解释而争辩。

薛定谔说："您显然认识到，量子跃迁的整个观念最终会变成谬误。您首先宣称，假定原子处在某一定态，电子周期地环绕着它转，但并不辐射光。而根据麦克斯韦的理论，它必须辐射光。接下去，又说电子从一个轨道跳到另一个轨道并发生辐射。把这种跃迁想象成缓慢的还是瞬间发生的呢？如果是缓慢的，电子的能量和轨道频率也必须是缓慢地

改变。但是，在这种情况下，你如何解释精细光谱线的存在呢？另一方面，如果跃迁是瞬间的，爱因斯坦的光量子观念将不容置疑地把我们引向正确的波数。但我们还需自问：在跃迁过程中电子的行为精确到什么程度？为什么它不象电磁场理论要求的那样发射连续光谱呢？什么规律支配着电子在跃迁期间的运动呢？换句话说，量子跃迁的整个观念是纯粹臆想的。”

玻尔说：“您所说的事情完全正确，但是它不证明没有量子跃迁，只是证明了我们不能想象它们。我们可以用表象概念来描绘日常生活中的事件和经典物理中的实验，但是用它去描述量子跃迁就不充分了。我们也不必为看到量子跃迁的有关过程不是我们直接经验的客体而吃惊。”

薛定谔说：“我不愿意介入有关概念形成的长久争论，我希望把这个问题留待哲学家去解决。我只希望了解在原子内部发生了什么事件。我确实不介意您在选用什么语言去描述它。如果原子内部存在着电子，并且象我们都相信的那样，电子就是粒子，那么它们一定以某种形式运动。目前我并不关心对这种运动进行精确的描述。但是要确定电子在定态或者从一个态过渡到另一态的过程中的行为，在原则上应该是可能的。但是，我们显然不能希望仅仅靠波的数学形式或量子力学就能对这些问题作出合理的解释。然而，正当我们改变那种图景，并说没有分立电子而只有电子波或物质波的瞬间，这样的情况看起来就很不相同了。因此，我们不必为精细谱线感到惊诧了。光的发射就象无线电波通过发射机的天线发射一样容易解释。于是，看来无法解决的矛盾也就突然消除了。”

玻尔说：“我不同意您的看法。矛盾并没有消除，它们只

是被简单地推到一边。您谈到了原子发光，或者更一般地谈到了原子和周围辐射场的相互作用。您认为，只要我们假定只有物质波而没有量子跃迁，所有问题就都迎刃而解了。但就拿原子和辐射场的热力学平衡来说，请记住，比如，爱因斯坦关于普朗克辐射定律的推导，这个推导要求原子的能量应该假定为分立值，并不时地作非连续性的改变，频率的分立值在这里对我们没有帮助。您不该真正试图去怀疑量子理论的基础。”

薛定谔说：“我从来都没有宣称对所有这些关系都进行过充分的解释，但您也同样没有找到一个满意的对量子力学所作的物理解释。说把热力学应用于物质波理论不会对普朗克公式作出满意的解释，那是没有什么理由的。我们将会看到这种解释同先前的其它解释都不同。”

玻尔说：“不，那是毫无希望的。因为过去二十五年中，我们已经搞清了普朗克公式的含义。更何况我们已能看出相互矛盾的情况，比如当我们在荧光屏上观察到突现的亮点或观察到电子突然通过云室时，就很直接地看到原子现象中的瞬间跃迁。您不能简单地忽视这些观测和行为，好象它们根本不存在似的。”

薛定谔说：“假如这个该死的量子跃迁确实存在的话，我就会对自己永远被卷入到量子理论而感到遗憾。”

玻尔：“但是，我们其它人都非常感谢您的工作，您的波动力学在数学上达到如此清晰简明的程度，以致作为一个重大的进步，超过了量子力学先前的一切形式。”

讨论就这样日夜继续着。也许是过于劳累的结果，几天后，薛定谔病倒了，严重的感冒使他不得不躺在床上。玻尔夫人照料他，给他送茶点时，玻尔还坐在床边和薛定谔交

谈："但是，您必须老实承认……。"因为这个时候双方谁都无法对量子力学提出一个完整的连贯的解释，因此也就无法期待有真正的谅解。尽管这样，随着薛定谔访问的结束，我们在哥本哈根的人都深信我们走的路是对的！我们很清楚，要说服第一流的物理学家放弃建立原子过程的直观模型的一切努力，是多么的困难呵。

以后几个月，量子力学的物理解释一直是我和玻尔谈话的主题。那时，我住在学院大楼的最上层。那是一个不大但很舒适的房子，四面的墙是倾斜的，窗口俯瞰着福里德公园入口的树丛。晚上，玻尔常常到我这里来。我们构思了各种各样推理的实验，看我们是否真正地掌握了这一理论。这样一来，我发觉我和他正在用相当不同的方法去解决遇到的困难。玻尔试图让粒子和波的概念同时存在，认为虽然两者是相互排斥的，但两者的结合是完满地解释原子过程所必需的。我不喜欢这种方法。我想要从我们当时所知道的事实着手，那时量子力学已采用的诸如能量、动量、振幅等等的时间平均值作为一种单值的物理解释。就是说，这种解释已不再有什么回旋的余地了。我们只能尽量由用起来方便的严格的推理形式，导出正确的一般解释，代替特殊的解释。

由于这个缘故，我对玻恩在哥廷根所做的那一卓越的工作反而感到不快，这显然是个误解。当时玻恩利用薛定谔的办法处理碰撞问题，并假定薛定谔波函数平方值作为在空间某点某时发现一个电子的 n 率的量度。我完全同意玻恩的论点，但是我不喜欢这种看来似乎允许作某些自由解释的情况。我确信，玻恩的论点本身是量子力学固有的解释某些特殊量的必然结果。狄拉克和约尔丹两位学者卓有见地的数学研究更坚定了我的这种看法。

很幸运，在我们谈话结束时，玻尔和我对一些具体的物理实验得出了相同的结论。这样，我们就有充足的理由认为，我们的不同研究可能会导致相同的结果。但是，我们两人都无法说明象电子在云室中的径迹这样简单的现象，如何才能同量子力学或波动力学的数学公式相符合。径迹或轨道那样的概念在量子力学中是很难想象的。只有在物质波色的弥漫区和比电子直径大得多的情况下，波动力学才与波色的存在相一致。

我们常常谈论到深夜。经过几个月持久的努力，仍没有得到一个满意的结论，我们两人都精疲力尽了，精神也十分疲倦。因此，玻尔决定于1927年2月到挪威去滑雪。我很高兴一个人留在哥本哈根，这样在那里安静地考虑这些毫无希望的复杂问题。我把全部精力都集中在云室中电子径迹的数学描述上。不久我便认识到摆在我面前的阻碍无法克服，我就开始犹豫了，是否我们一直没找到问题错误的实质呢？我们错在那里呢？电子通过云室的径迹显然是存在的，谁都能很容易地看到。量子力学的数学结构不但存在，而且很有说服力，不允许作任何改变。因此，建立上述两者之间的联系是可能的，尽管看起来困难重重。

有一个晚上，我工作到深夜，突然想起了和爱因斯坦的一次谈话，特别是他说的这句话："正是理论决定了我们能观察的内容。"我立刻意识到，打开长期关闭着的大门的钥匙，一定可以从这里找到。我决定穿过福里德公园，趁着夜间去散步，以便进一步考虑这个问题。我们常常信口开河地说，云室中的电子径迹一定能观察到。但我们真正观察到的要比它少得多。也许我们只是看到电子所通过的一系列分立的，轮廓模糊的点。事实上，我们在云室中所看到的一个团块，仅

仅是比电子大得多的单个水滴。因此，正确的提问应该是这样的：量子力学能够说明发现一个电子的事实，电子本身是不是处在大体给定的位置上并以大致地给定的速度运动呢？我们能使这些给定的近似值接近到不致于引起经验上的异议吗？

返回学院以后，一个简单的计算表明了，人们确实可以用数学方法描述上述情况，这种近似性由后来被称为量子力学测不准原理：位置和动量即质量和速率的乘积的测量误差的乘积不得小于普朗克常数。我认为，这个公式建立了云室的各种观察和量子力学的各种数量之间的联系。当然还必须证明，每一个实验所引起的各种情况都满足测不准原理。这个似乎合理的演绎引起了我的注意。但是，实验或观察涉及的过程必须符合量子力学的各种规律。根据预先的假定，实验不太可能产生与量子力学不符的各种情况，这就是“理论决定了我们能观察的内容”的含义。我决心在往后几天里，在简单实验的基础上通过计算来证明这一点。

这里，也通过对一位在哥廷根时的同学德鲁得的谈话回忆，我受到了助益。当时在讨论到有关电子轨道概念的困难时，他说过，原则上可以建造一台分辨率极高的显微镜，借助于它就可以看到或拍摄在原子中的电子轨迹。这样的显微镜当然不可能靠可见光来工作，也许要用γ射线。而现在这种说法和我们的假定相反，按照我的假定，即使是最好的显微镜也不可能超越测不准原理的限制。因此，我得论证，即使是上述情况也还是服从测不准原理的。我设法这样去做，而且这个证明加强了我对新的解释的信心。又做了一些类似的计算后，我坐下来给泡利写了一封长信，简要地报告了我的结论。他从汉堡写来的充满鼓励的回信，令人欢欣鼓舞。

随后，玻尔滑雪休假期满回来，我们又开始了一轮新的

艰苦的讨论。玻尔仍然坚持他自己关于波粒二象性的意见，他的思想的核心是互补性概念。这是他刚引进的一个概念，用它来描述一种情形，可以用两种截然不同的解释去理解同一个事件。这两种方式是相互排斥的，但又是互相补充的。只有通过它们的交替，现象的直观内涵才能完全得到阐明。开始，玻尔对测不准原理提出一些异议，他很可能认为测不准原理也就是一般的互补性原理的一个特殊情况。同时由于在哥本哈根工作的瑞典物理学家克莱因的大力协助，他很快搞清楚，这两种解释并不存在重大的分歧，现在最要紧的是使用即使是新奇的，但又可以为所有物理学家都能理解和接受的方式来描述这些事件。

问题是在一九二七年秋的两个物理学讨论会上获得解决的，那就是在科摩的普通物理学讨论会和在布鲁塞尔召开的索尔末会议。在普通物理学会议上，玻尔对这个新情况作了全面的解释。根据索尔末基金会的要求，只有一小部分热心于详细讨论量子力学问题的物理学家参加了索尔末会议，大家同住一家旅馆，发生激烈的争论不是在讨论会上，而是在用餐时。玻尔和爱因斯坦是这次讨论的中心人物。爱因斯坦很不愿意接受新量子力学的基本统计性质，自然，他并不是反对 n 率的陈述，特别是某一特殊系统在其最终的细节还不明确的时候更不是这样。但是旧的统计力学和热力学毕竟是建立在这种陈述上的。不过，爱因斯坦不承认，从原则上来说，我到用来完善地描述一个物理过程所需要的所有事实会是不可能的。“上帝不掷骰子”，这是我们在这些讨论中常常听到的爱因斯坦的口头禅。所以他爽快地拒绝接受测不准原理，并极力找出这个原理不能成立的根据。

讨论通常在吃早饭的时候开始，爱因斯坦给我们提出另

外一个他认为肯定能拒绝承认测不准原理的思想实验。我们便马上检验他的新设想。在去会议厅的路上，我经常陪伴玻尔和爱因斯坦，我们要弄清楚一些要点并商议它们的联系，然后，在这一天的议程中，我们就进一步讨论这个问题。通常，到吃晚饭时，我们就这样做，玻尔能够向爱因斯坦证明，即使是他最新的实验也无法动摇测不准原理。爱因斯坦则有点担忧。但是第二天早上他又准备好一个比上一次更为复杂的实验。于是他宣布，这一次一定要使测不准原理失败。到晚上，他这个设想的命运也不会比前一个命运好多少。这样连续几天之后，从荷兰的莱顿来的爱因斯坦的朋友、物理学家艾伦费斯特说："爱因斯坦，我替您感到害羞，您反驳新量子理论，就象您的对手反对相对论一样。"然而连这样友好劝告，他也不听。

这件事使我再一次懂得，要一个人放弃他在整个科学道路和科学生涯中所依据的观点是何等的困难。爱因斯坦毕生献身于探索物理过程的客观世界，而物理过程是独立于我们之外的，依照不变的规律，在空时中进行的。理论物理的数学符号也就是这个客观世界的符号。物理学家借助于这些符号就能描述世界未来的事件。现在，在原子范围内已被断定，这种时空的客观性甚至不存在了，而理论物理的数学符号涉及的与其说是现实性，不如说是可能性。爱因斯坦并不准备让我们去做那些对他来说是挖根基的事情。在他晚年，量子力学早已成为近代物理学的一个组成部分，但是他还是不改变具体态度，充其量说，作为权宜之计他暂时承认量子理论的存在。"上帝不掷骰子"是他坚信的原则，他不允许任何人对此原则提出挑战。对此，玻尔只能用这样的话来回敬："指挥上帝该如何主宰世界，那也不是我们的职责。"

第七章

科学和宗教

（一九二七年）

在索尔末会议期间的一个晚上，旅馆休息厅的后边，聚集了一群年青人。这些人当中包括泡利和我，不久狄拉克也进来了。其中有一个人说："爱因斯坦不断讲到上帝，我们该怎样理解呢？难以想象象爱因斯坦这样的科学家还会同宗教传统有这样密切的联系。"

"爱因斯坦还比不上普朗克呢"，有人提出异议。"从普朗克的某些言论来看，似乎认为他看不出宗教同科学的矛盾，而且他确信两者是完全可以共存的。"

大家问我普朗克在这个问题上的观点和我的看法。我和普朗克只有过几次偶然的交谈，而且几乎都是谈论物理学的问题，并不是普遍性的问题。可是，我熟悉普朗克的一些密友，他们曾和我讲过普朗克对这个问题的许多看法。

我必定是这样回答的："我设想，普朗克认为宗教和科学是可以共存的，因为在他看来，两者都起源于非常明显的现实性方面。科学是同客观的物质世界打交道。它要求人们对客观实在作出精确的描述，把握它的内在联系。宗教是同世界的价值观念打交道，它研究的是世界应该是什么样的，或我们应该怎么做，不应该怎么做。科学所关心的是，发现

什么是真理或谬误。宗教所关心的却是，什么是善良或邪恶，什么是高贵或下贱。科学是技术的基础；宗教是伦理学的基础。简而言之，自十八世纪以来，一直在激烈争论不休的科学和宗教的冲突，似乎是由于误解，或更确切地说，是由于宗教的比喻和想象，同科学的论述相混淆了，不用说，其争论的结果是毫无意义的。这种熟悉的观点是从我父母那里学来的，它把这个世界独立的客观方面和主观方面联结在一起了。可以说，科学是我们对待和讨论客观外界现实性的方式，而宗教信仰是从另一个意义上帮助我们选择行为和生活规范，作出主观决定的表现。不容否认，我们一般总是根据我们所属的团体如我们的家庭、民族以及文化的观点作出选择的。我们的选择还深受教育和环境因素的影响。然而，归根结底，宗教毕竟是主观的东西。因此，它不受‘真理或谬误’，这个标准的限制。假如我的理解是正确的话，普朗克已利用了这种自由而断然站到基督教的传统一边。他的思想和行为，尤其影响了他的亲友的思想和行为，使之完全符合上述传统的框架，但是人们并不因此而减少对他的尊敬。所以就他来说，这两个领域——世界的客观方面和主观方面——是完全分离的。但是我应该承认，我本人并不因为这种分离而感到高兴。我怀疑人类社会是否能在知识和信仰的尖锐对立中生活下去。”

泡利也有这种忧虑。他说：“这一切必然在眼泪中结束。随着宗教的出现，每一特定社会的一切知识都要纳入宗教的某种价值观念的精神框架之中，这种精神框架本身必须为社会的每个成员所理解，即使宗教的各种比喻和想象扩展开来也仅仅是关于人们潜伏着的各种价值观念最模糊的提示而已。但是如果一个普通人是按照这些价值观生活的话，那么

他自己就必须相信这种精神框架接受了他所处社会的全部智慧。于是，‘信仰’对他来说，并不意味着‘理所当然’，而是意味着对公认价值的盲目服从。每当新知识迅猛增长时，总会威胁着旧的意识结构，这就是为什么社会处于这样危险之中的原因。知识和信仰的完全分离，充其量是一种可能的应急措施，所提供的只不过是某种暂时的安慰而已。例如，我们借助于西方的文化，在不远的将来，也许可以进入一个新的天地，可是在那里旧宗教的各种比喻和臆想甚至将失去对一般人的说服力。那时，恐怕一切旧的伦理学会象一座纸房那样塌崩，难以想象的恐怖将会发生。简单说来，我不能真正赞同普朗克的哲学，尽管这种哲学在逻辑上是正确的，虽然我也尊重人们对这种哲学给予的各种高度的评价。”

泡利继续说：“爱因斯坦同我的看法很相似，他的上帝总是设法包含在不变的自然规律中。他已对各种事物的中心秩序具有鉴赏力，在那些自然规律的简单性中，他能发现事物的中心秩序。我们有理由认为，在发现相对论时，他已强烈地、直接地意识到这些简单性。很清楚，这同宗教内容大相径庭。我不相信爱因斯坦真的被任何宗教传统所束缚，相反，我倒认为人格化上帝的思想同他毫不相关。但是，就他而论，科学与宗教之间没有明确的界限。中心秩序既是主观领域的一部分，又是客观领域的一部分。这种发现，对我恰好是一个最好的出发点。”

“什么样的出发点呢？”我问道，“如果你承认关于人类的中心秩序，那么你也许会同意爱因斯坦的观点。但是，你同时必须承认，从这种观点出发，不会得出什么结论。”

“也许是这样的。”泡利回答说。“在过去两个世纪当中，科学的发展恰恰在西方基督教之外全然改变了人们的思想。因

此，这种思想同物理学家思考的问题有关系。这种思想明确地是关于客观世界的观念，这种世界按照严格的因果规律在时空中自然地运行着，这种因果规律就使科学和各种宗教的思想程式之间产生尖锐的冲突。如果科学超越这种严格的决定论思想——恰好象相对论那样，而且量子理论可能走得更远——那么，科学与宗教试图表达的内容之间的关系，就须再次改变。由已往三十年间所揭示的这种新关系的存在，科学也许能帮助我们作更深刻的思考。比如，玻尔认为在量子理论描述方面十分重要的互补概念，对于哲学家来说，即使他们没有那么简洁地表达它，也决不是一无所知。可是十分明显，在精密科学中它已促使了决定性的改变：物质客体完全与人们的观察方式无关的观念，已被证明只不过是一种抽象的推断，在自然界并没有与此相应的事物。在亚洲的哲学和东方的宗教中，我们发现一种纯主观知识和互补观念，这种知识不能使之与客观相对应。相当于非精神或非智力的实体，这种观念也会证实一种抽象的外推。如果我们考虑更广泛的联系，将来可能被迫在两个极端间采取中间的道路，这也许就是由玻尔互补原理指出的道路。任何一门适应于这种思维方式的科学，不仅能容纳各种形式的宗教，而且从广义上说，也是对这世界价值的贡献。”

此时，刚满二十五岁的狄拉克也加入了讨论，他已忍耐了一段时间。他反感地说，“我不明白为什么我们要谈论宗教！如果我们是诚实的人，就必须承认，宗教是毫无根据的一派胡言，而科学家是必须诚实的。上帝的观念那是人类想象的产物。比起我们现在更容易受自然力威胁的原始人，他们为什么恐惧和发抖地把那些自然力人格化，是完全可以理解的。但是今天，当我们已经懂得许多自然过程，就不需要

这种作法了。在现实生活中，我怎么也看不到万能的上帝以任何方式帮助我们。我所看到的事情是，这种假定导致了一系列不该出现的问题，如为什么上帝允许存在人间这么多的痛苦和不公正，为什么允许富人和其它狂人对穷人进行掠夺，这些问题，上帝本来是可以防止的。即使宗教仍然在传播，但是这决不意味着它的思想能说服我们，而仅仅意味着我们当中的某些人想维持下层社会的平静。平静的人比吵闹不满的人容易统治，也很容易掠夺。宗教是一种鸦片，它使一个民族自身进入充满幻想的梦境，以致忘记了侵犯别人的犯罪行为。因此，在国家和教会两大政治势力之间结成了紧密的联盟。双方都需要这种幻想，即仁慈的上帝——它不是在人间上就是在天堂里赐福于一切不起来造反的人，赐福于一切温顺而无怨言地承担义务的人。这就是为什么把上帝只不不过是人类臆造的产物这个中肯的断言，诽谤为万恶之源的原因。”

我反驳说：“你是根据政治辱骂来简单判断宗教。你知道，因为这个世界上的大多数事情都可能被滥用，就是你最近提及的共产主义的意识形态也是这样，因此，所有这些判断都难以被承认。诚然，人类社会总要存在，社会一定要找到一种共同语言，大家都可以用它谈论生与死，谈论构成他们生活内容的广泛联系。从这种寻求共同语言而历史地发展起来的思维形式，必然具有强大的说服力。要不然，怎么有这么多的人依赖这种思维形式生活了许多世纪呢？宗教不能象别的事物那样，简单地加以抛弃。但是，也许你会象古老的中国人那样被另一种宗教所吸引，在中国，这种人格化上帝的观念，难道就没有出现过吗？”

狄拉克回答说：“从原则上说，我厌恶宗教的各种神话，

只因为各种不同宗教的神话相互矛盾。我纯粹是由于偶然机会出生在欧洲而不是在亚洲，要判断什么是真实的或我应该相信什么，这确实没有标准。我只能相信什么是真实的。至于正确的行为，我只能凭借自己所处的状况来判断：我和别人生活在社会里，原则上我让给别人的权利和我自己要求得到的一样多。我不能有更多的要求，我应该全力去追求一种公正的尺度。所有关于上帝意志、关于犯罪和忏悔、把我们的生活引向现实以外的世界的这些说法，仅是为装扮成严肃的真理服务的。信仰上帝只不过是鼓励人们去思考，上帝希望我们屈从于上层的权力。正是这种观念有助于保存的社会结构，在它那个时代可能是十分美好，但是不再适合于现代世界。所有那些漫无边际的谈论和类似的事情冲击着我，使我难以接受。该说的都说了，该做的都做了，生活就象科学那样，我们遇到了困难，而又不得不去克服困难。我们一次决不能解决更多的困难。你们那种漫无边际的东西没有什么内容，只不过是加在后面的智力上层建筑。”

讨论就这样继续着，我们都惊异地注意到泡利总是沉默不语，他不时地、反感地拉长着脸或冷笑，什么也不说。最后我们只好请他告诉我们，他在想什么。他好象有点诧异，他说，“好吧，我们的朋友狄拉克也有一种宗教，这种宗教的指导原则是：‘上帝是没有的，狄拉克是上帝的发言人！’”包括狄拉克在内，我们大家都笑了。泡利这句话导致了当晚讨论的结束。

过了不久，大概是在哥本哈根，我将这次对话的内容告诉了玻尔。他立刻就为我们这伙人中最年轻的人辩护。他说：“我认为，狄拉克以他清晰的逻辑语言来表达的答辩如此坚定，这在全部答辩中是非常出色的。他确信他所能说的

全部东西都可以说清楚了，象维特根斯坦说的那样，‘不能谈论的人就应当闭口不谈’。狄拉克送给我的手稿，每次都书写得非常整洁而正确流畅，只要一看，就有美学的愉快。那怕是提出小小的改动他都显得很不高兴，通常也不会作什么修改。在任何情况下，他的工作都是很认真。最近，我和他去参观一个展览会，其中有一幅马尼特创作的壮丽的灰蓝色海景画，前景是一艘船，在水中有一些灰黑色的、意思不太清楚的斑点。狄拉克说：‘这些斑点是不容许的’。多么奇怪的欣赏艺术的方法，然而也许他是很正确的。因为好的艺术作品，就象一项良好的科学工作一样，必须把所有细节都清楚地记录下来，没有纯属偶然的东西。”

玻尔又说：“宗教一直是个颇为不同的问题，我的印象同狄拉克十分相似，人格化上帝思想同我无关。但是我们应该记住，宗教使用的是同科学根本不同的语言。宗教的语言比之科学语言更接近于诗的语言。的确，我们赞成科学是涉及客观事实的信息的思想，诗所处理的是主观感情。所以，我们得出结论，如果宗教确实是处理客观真理，那末，它就应该同科学一样接受真理的标准。可是，我自己发现把世界划分为客观和主观两个方面是完全随意的。各类宗教历来都用各种想象，比喻和反论等简单的方式说明事实，只是意味着再没有别的方法去把握他们所处理的现实。但是并不意味着它所说明的不是实实在在的现实。把这种现实性分为客观和主观的作法，不会把我们带得很远。”

玻尔继续说：“这就是我把过去几十年物理学的发展，看作是一次思想大解放的原因。这种发展表明象客观性和主观性这样的概念是很可疑的。整个事情是从相对论开始的。从前两个事件同时发生的说法被认为是客观的判断，这种判

断可以极简单而唯一地把它们联系起来，并且经得起任何观察者的检验；今天我们知道，同时性包含有主观成份。因为，对于一个静止的观测者来说是同时出现的两个事件，而对一个运动着的观测者就未必是同时的了。当然，相对论性的描述也是客观的，由于每个观测者通过计算可以判断其他的观测者将看到或已经看到的事件。虽然如此，我们离开客观性描述的经典观念已经相当远了。

“在量子力学中，对这种经典观念的背离更为彻底。我们仍然可以用经典物理的客观语言去描述可观察的事件。例如，我们可以说照相底片已经变黑，或雾滴已经形成。但是我们根据这样的发现所作出的预言，决定于我们在实验过程中提出的问题。在这一点上，观测者有选择的自由。当然，不管观测者是人，还是动物或仪器，它也不会产生差别。但是，无论是观测者还是观测手段都已不再可能作出什么预言了。到了这种程度，每个物理过程都可以说成是具有客观性和主观性的特征。正如现在我们知道的那样，十九世纪科学的客观世界是一个理想化的极限情况，而并不是整个的现实。坦率地说，即使将来我们与现实冲突，我们也将识别客观和主观方面，对它们两者作为区分。但是这种区分的界线可能决定于观察事物的方法，这条界线多少有点任意选择了。因此，我能完全理解不可能使用客观化语言去谈论宗教的内容。各种不同的宗教设法用截然不同的精神方式去表达它的内容。这个事实决不是宗教的缺点。也许我们应该把这些不同方式看作是互补性的描述，尽管它们是相互排斥的，但是我们却需要这些方式去表达由人与中心秩序的关系，导致富有成果的希望。”

我说：“假如你这样准确地区别宗教、科学和艺术的语

言，那么你能给这样明确的陈述，如‘存在着一个活的上帝’或‘有一个不死的灵魂’赋予什么样的含义呢？在这种语言模式中，‘有’的含义是什么呢？象狄拉克那样，科学反对这种表述。让我以类似的方式说明认识论方面的问题吧。

“众所周知，数学家用虚数单位，即称之为i的－1的平方根进行运算。我们知道i不是自然数列中的一个数。不过，重要的数学分支比如分析函数论是以这个虚数单位为基础的，即最终存在$\sqrt{-1}$的事实为根据的。有一种说法，除了由于引入$\sqrt{-1}$的概念而使各种重要的数学关系得到更简明的表述之外，$\sqrt{-1}$的存在意味着无。你同意这个说法吗？可是，即使没有这个虚数，那些关系也应存在，这恰恰是这种数学在科学和技术上十分有效的原因。例如，在函数论中，决定性的因素是那些重要数学定律的存在，这些数学定律影响着连续可变量对的行为。尽管$\sqrt{-1}$的概念基本上不为我们理解问题所需要、在自然数中不存在对应的数、但是由于引进了这个抽象的概念，上述关系就更能使人们易于理解了。另一个相当的抽象概念，就是在现代数学中起重要作用的‘无限性’，它同样不是相互关联的，没有引起什么大问题。简而言之，数学愈是引人更高的抽象，就愈有助于我们清楚地理解更为普遍的事物。让我们回到原先讨论的问题上去。问题虽然不同，可是把各种宗教的‘存在’看作达到更高级抽象的另一种努力，并且这种努力有助于我们对普遍联系的理解，这是恰当的吗？这些联系本身毕竟是很真实的，不管我们试图使它们适应于什么样的精神方式。”

玻尔回答说：“就问题的认识论方面来说，你的比喻也许说得过去。但在其他的方面那是很不适当的。和数学中，我们可以从论点的内涵找出内在的差别。然而，归根结底数

学是一种游戏，我们可以用，也可以不用，随我们选择。另一方面，宗教涉及我们自身，涉及我们的生和死。它们的约定意味着支配我们的行为，以至间接地支配着我们的生存。我们不能无动于衷，认为宗教和我们无关。况且，我们对宗教问题的态度，不能与我们对社会的态度分开。即使宗教作为特定人类社会的精神结构而出现，但是它是否就在整个历史上掌握着最强有力的社会塑造力量呢？或者社会一旦形成，社会就发展出新的精神结构，并使之与社会的具体知识水平相适应呢？这些问题是可以论争的。今天，一个人似乎已可以非常自由地选择自己的思维和行动所应遵循的精神结构。这种自由反映了不同文化和社会的界线，已经开始更容易变动了。但是，一个人试图争取最大限度的独立时，他仍然有意或无意地受现存精神结构的影响。对于他来说，他必然在某些条件下会谈论生与死、谈论其生活的社会中别人的生活条件。他必须按照这个社会的准则教育他的孩子去适应社会的生活。认识论的思辨不可能使他达到这些目的。同样，这里对于特定宗教神圣内容的批判思想和在慎重承认这种内容基础上采取的行动之间，其关系也是互补的。这种承认，若是自觉达到，就使人有强烈的目的，有利于消除疑虑；若是被迫承认，则这种承认给他一种安慰，有点象在别人家里作客。在这种情况下，宗教就会造成一种十分和谐的社会生活。用形象和比喻的语言来说，宗教最重要的任务就是要在生动描述和比喻的语言中，在构成我们生命的广阔结构中提醒我们。”

我说：“你总是说个人的自由选择，并把它与原子物理学家能以这样或那样的方式安排实验的自由作比较。现在，那些经典物理学家就没有这种自由。这难道意味着现代物理学

的具体特征对意志自由的问题有着更直接的联系吗？正如你所知道的，原子过程不能完全确定的事实，常常被用来作为支持自由意志和神灵干预的论据。”

“我深信这整个看法是出于完全的误解，甚至把问题混淆了；据我所知，这种混淆尽管是明显互补的，但是同观察事物的方式是相抵触的。当我们谈论自由意志时，我们就必须对涉及的情况作出判断。这种情况和我们分析人们行为动机的情况，或者和我们研究生理过程，例如人脑电化学过程的情况，是不同的。换句话说，两者是互补的。因此，各种自然规律是完备地还是统计地确定事件的问题，同自由意志的问题没有直接的联系。当然，我们观察事物的不同方式，从长远来看必定汇合在一起。尽管今天我们还不能用什么方法精确地作出说明，但是，我们已能辨明同现实不相矛盾的部分了。当我们谈论神灵的干预时，很明显我们不是指事件的科学测定，而是指这个事件和别的事件或人类思维之间富有意义的联系。现在这种理智的联系，就象科学的因果性那样，是现实的一大部分。如果我们仅仅认为这种联系属于现实的主观方面，那就过于粗糙和简单化了。我们再一次从自然科学中学到了类似的东西。那些熟知的有生命的关系，我们对它不作因果性的描述，而只作结果性的描述，即关于最终结果的描述。我们只须考虑受伤机体的愈合过程。这种结果性的描述同建立在物理、化学或原子定律基础上的解释，存在着特有的互补关系。也就是说，在一种情况下，我们要问这种过程，是否导致所期望的结果，即机体恢复正常状态。在另一种情况下，我们则要问决定分子过程的因果链条。这两种描述是不相同的，但未必有矛盾。我们有正当的理由认为，量子力学定律可以在活的有机体中得到有效的证

明，就象在无机物中得到有效的证明一样。尽管如此，结果性描述似乎也是有效的。我相信，如果说原子物理的发展已教会我们什么东西的话，那就是我们一定要学会比过去更敏锐地思考问题。”

我反对说：“我们总是回到宗教的认识论上去，但是狄拉克攻击宗教的主要目标是宗教的道德方面。狄拉克特别明显地反对同宗教思想格格不入的虚伪和自欺欺人，但是，由于他的憎恶，他已变成了狂热的唯理主义辩护士，而我感到唯理主义是不足取的。”

玻尔说：“我认为狄拉克做得对，他强烈地警告你要提防自欺欺人和自相矛盾的危险。然而泡利开玩笑地提醒狄拉克注意，但是，要完全避免这一危险是很困难时，他同样是对的。”玻尔用一个故事结束了这次对话，这个故事是他在这种场合下愿意讲的：“在蒂斯威尔德，我有一位邻居曾经在他的家门口钉马掌。当一位熟人问他，‘你真的信神吗？你真相信这个马掌会使你走运吗？’他回答说：‘当然不信神，但是，即使你不相信它，然而，他们都说神是有用的’。”

第 八 章

原子物理学与实用主义

（一九二九年）

在我们这些曾参预发展原子理论的人们看来，布鲁塞尔的索尔末会议后的五年，实在令人惊奇，我们经常说，那是原子物理学的黄金时代。前几年耗费了我们全部精力的巨大障碍被排除了，通往建立关于原子壳层的量子力学这个全新领域的大门终于打开了，这新的成果好象是有准备地取得的。在那里，纯经验的规则或模糊概念几乎已取代了所谓真实的理解——例如，在固体物理学中的铁磁现象和化学键——这些新方法已变得十分清楚。此外，新物理学看来似乎在许多方面大大超过了旧物理学的哲理水平。在这些方面更细致的研究，新物理学的内容将更加广泛和充实。

一九二七年秋末，我被莱比锡和苏黎世两所大学同时聘请为教授。在那里，根据事先的商定，我将同著名的实验物理学家P·得彼合作。我的第一届原子理论研究班，仅有一个学生。但是我确信，我的进一步的努力最终会改变新原子物理学。

在接任新的职务之前，校方允许我到美国去作一年的巡回讲演。因此，在一九二九年二月特别寒冷的时期，我在布莱梅港登上了去纽约的轮船。船一出港，就占去了我们两整天时

间，因为航道被厚厚的冰层所堵塞，加之一到海上，我们又被最猛烈的风暴颠来抛去。这是我在海上曾未经历过的。然后，又度过了艰苦的十五天，长岛的海岸，以及黄昏后那矗立的纽约市的轮廓，终于浮现出来欢迎我们。

从此，西半球吸引着我。青年们无忧无虑的态度，他们的坦率、热情和殷勤待客，以及他们的乐观精神——所有这一切，使我仿佛觉得如释重负。人们对新原子理论的兴趣是强烈的，我被这个国家各个地区相当多的大学邀请去讲演，我也逐渐适应美国各个方面的生活了。无论在哪里，我都不是只逗留少数几天。我交了一些新朋友。我们开始一同去打网球、划船，或者扬帆远航，但经常是在长时间的讨论原子物理学的最新发展中结束。我相当仔细地记得同我的一个网球伙伴B·霍克的谈话。他是从芝加哥来的一个青年实验物理学家。他邀请我同他到北方一个很远的湖那里去旅行、钓鱼。

我告诉他，在这次巡回演讲期间，我得到一种异常的感觉：欧洲人通常厌恶，而且往往敌视抽象的、不能想象其面貌的新原子理论、波粒二重性、以及自然规律的纯统计性特性；大多数美国物理学家则好象是有准备地接受新的见解，没有多少保留。我问霍克，这种差别应如何说明，他说：

“你们欧洲人，特别是你们德国人，有从原则出发去看待上述新观念的倾向，我们则多持有较朴素的看法。牛顿物理学提供了关于观测事实充分精确的描述，后来我们知道，对于电磁现象，牛顿力学不再适用了，但麦克斯韦方程完成了这项任务；最后，关于原子过程的研究告诉我们，无论是古典力学还是电动力学都不能为这种经验事实提供说明。因此，不论愿意与否，物理学家们已经超出了旧的定律和公式的限度，这是量子力学的成果。物理学家、甚至理论家，他们大都象

工程师建造新桥梁那样行事。他注意到他过去用过的旧公式不完全适合于这种新设计，他必须考虑到风压、金属疲劳和温度的异同，这些他都要加到旧的公式里去。这个成果是一张更为可靠的蓝图，谁都对它感到满意，但基本的工程原理仍保持不变，这同现代物理学完全一样。倘若你把自然规律误认为是绝对的，那你在它们有所改变时，便会觉得惊奇。照我的看法，甚至“自然规律”的说法本身，就是对于根本不存在的东西的一种颂扬或神化，实际上则仅仅是对于自然界特殊范围的一种处方。我相信，只要放弃绝对主义的全部主张，困难就将自行消失。”

我问他：“一个电子在一种场合可能表现为粒子，而在另一种场合又可能表现为波，那么，你就全然不觉得奇怪吗？就你所涉及的问题而言，整个事情仅仅是在一种意想不到的形式上对于旧的物理学的一种扩展吗？”

“哦！不，我感到吃惊。但是，我毕竟能够明白自然界发生的事情就是如此。假若有一种结构在一种场合下看起来好像是波，在下一种场合下好象是粒子，那么，显然我们必须提出新的概念。或许，这样的结构应该称为‘波粒子’，量子力学就是关于波粒子行为的数学描述。”

“不行，对我来讲，这种解释太简单了。我们毕竟不是在论述电子的一种特性，而是涉及到所有物质和所有辐射的性质。不论是电子、光子、苯分子，还是石头，我们都会碰到粒子和波动的两种特性。换言之，自然规律的统计特性是普遍的，并且是一个原则的问题，只是它的量子力学特性在原子结构中远较日常经验中的物体明显得多。”

“很好！那么你仅仅是对牛顿和麦克斯韦的定律提出了一些小的变更。这种变更对原子现象的观察者是很明显的，

而对于活动在地球原野上的大多数人则是察觉不到的。在任何一种情况下，变革象征着进步。无疑，量子力学在将来也要更好的改进，以便去解释我们至今尚未掌握的其他现象。此刻，我觉得量子力学在原子领域，作为一种正确的方法，已经证明有它的价值。”

我觉得霍克的全部见解中，有些不能令人满意，但我认识到，如果我想使他明白这个道理，我必须作更多的说明。因此，我着重指出。“我认为，只要当我们能用牛顿物理学的概念（即位置、速度、加速度、质量、力、等等）描述各种各样的现象，牛顿定律完全严格地有效，牛顿力学就无论如何也不会被改进，并且看来十万年以后仍不会有什么改变。或许我更确切地应当这样说，用这些概念，在那样的精确度以内对有关的现象的描述，牛顿定律是有效的。古典物理学家公认精确性是有限度的，任何时候，他们都不认为自己可以测量到任意的精确度。不论怎样，事实上测量的精确性在原则上是有限的，也就是说，我们在原子领域第一次遇到了一些全新的、原则上不确定的关系。但我们暂时不去讨论这一课题。关于我们现在讨论的这个问题，只要对所有这类事情进行精确的测量是可能的，就足以断言，牛顿力学现在是完全有效的，将来也是如此。”

“这里，我恐怕不能依从你的意见”，霍克回答说：“相对论力学难道不是牛顿力学的一种改进？难道我们把不确定原理从这种讨论中排除出去吗？”

我极力指出：“我们可以抛开不确定原理的争论，但我们抛开不了关于不同的时空结构、特别是关于时间和空间两者之间种种联系的事实。我们经常谈论的是绝对时间，即时间同观察者的位置和运动状态明显地无关；我们经常

涉及的是关于给定的刚体或坚硬物体的体积。在那种情况下，牛顿定律当然可以适用。但是，一当我们被捲进高速过程，而同时又企图进行非常精确的测量，我们就会发现，牛顿力学不再能提供适当的说明。例如，我们将看到，一个运动着的观察时钟比一个静止的观察时钟走得较慢，如此等等，因此，我们必须求助于相对论力学。”

“可是，你为什么不准备把量子力学称之为对牛顿力学的改进呢？”

“我仅仅反对‘改进’这个说法，因为它容易造成误解，只要避开那种危险，我便不作进一步的反对。误解恰恰在于：你在思想上将物理学的发展比作为工程上的改进。按照我的意见，从牛顿力学到相对论力学或量子力学的复杂的根本性的变化，用工程师的改进来作比喻，是一个原则性的错误。工程师那里毕竟不涉及基本概念的改变，对于他，所有技术术语都保持它们原来的意义，至多是修正或校正公式，以便补上以前被忽略的因素。然而这种改变的形式，在牛顿力学里就完全没有意义，这里对我们没有实验的压力。我们能够明确地承认牛顿物理学绝对有效的理由是：在它特定的适用范围内，任何微小的变化都不能引起它的改进。但是，有些经验的领域，我们不再可以用牛顿力学的概念体系来处理，因为在那样的领域，我们需要全新的概念结构，比如，把相对论或量子力学引进来。何况，牛顿物理学构成了一个封闭的体系，在这个意义上，工程师的物质装备是永远也不能达到的。由于它的连贯性而不能作哪怕是微小的改进，所以我们便可以尽其所能地去选取一个全新的概念体系，而把那些旧体系当作有限的情形包含在其中。”

霍克问我：“你怎么可以知道，一个特殊的物理学领域是

不是象你所说的牛顿力学那样封闭的呢？用哪些标准区别一个领域是封闭的还是开放的？还有，现代的物理学哪些是封闭的领域？”

“对于一个封闭体系最重要的判据大概在于：公理所支配的概念体系和逻辑联系，能够用严格的公式表示并使自己保持首尾一致。一个公理体系描述的如果是一个广泛的经验领域，并且使其与现实相符合的程度，是由经验唯一地决定的，我们便把它称作‘理论’。据此，我将物理学区分为以下四个封闭的领域：牛顿力学，统计热力学，狭义相对论和麦克斯韦电动力学，以及现代量子力学。这些领域分别是一种精确公式化了的概念和公理的体系。在描述特定经验领域的范围内，它们的定理是严格有效的。我想，将广义相对论认为是封闭的领域还为时太早，因为它的公理体系仍是不明确的，它在宇宙学问题上的应用，仍然允许作不同的解释。在这种时候，由于它仍有很多尚未回答的问题，因而我们必须把它当作开放的理论来对待。”

霍克对我的回答似乎感到满意，但仍然希望更多地了解我所提出的封闭体系说法的本意。他说“你为什么把从一个领域向另一个领域转变的事实看得那么重要。例如，从牛顿物理学到量子理论，是连续的还是跳跃的？当然，在说到新的概念是由各自的新领域中不同问题的需要而引入的时，你是对的，但为什么那么重要呢？不管怎样，科学的发展，总是开辟着自然的更宽广的领域，至于这个发展是连续的还是跳跃的，与我完全无关。”

“不！事情恰好不是那样。象我们知道的，你的连续不断发展的观念，大概出自工程学的减弱或甚至软化，现在物理学已达到这样的程度，以致我们难以继续称它为严密的科

学。如果我们希望用纯实用主义的方法研究物理学，我们就必须继续选择那些实验可以达到的局部领域，而后试图对它们的现象作出近似的描述。如果结果证明还不精确，我们总可以不断地给以新的校正。但是，我们必须放弃对更广泛联系的探究。在我们的进程中，如同牛顿力学从托勒密天文学里分化出来那样，遇到非常简单的关系，这样的机会是极少的。换句话说，我们将失去物理学的最重要的真实凭据，即失去所有物理学规律的基本的简单性。当然，你可以反对说绝对的简单性是不存在的，但你又隐秘地渴望获得绝对没有的最终逻辑证明。物理学规律为什么必须是简单的？为什么在广泛的经验领域能允许作简明的陈述？答案存在于物理学史中。你应当承认，我上面提到的四个封闭的领域，各自有一套极简明的公理体系，它们保持着非常广泛的联系。在这样的公理体系中，我们才有权利说'物理学规律'；没有它们，物理学便永远不能获得严密的自然科学这一尊称。

"这种简单性还有另一方面的重要性，即它影响着我们同物理学规律的关系。但所有这些问题都很难用语言表达。如果象我们通常在理论物理学中所作的那样，首先使实验的结果和公式结合，但当从现象上去说明过程时，常常陷入困境，我们觉得的印象是公式好象是被我们自己虚构出来的。然而，如果我们偶然遇见某一非常简明的广泛的联系，那么随后它就被编入公理体系，因此事情看来并非那样。可以说，我们是完全突然地遇到了一种始终存在的对立关系，很明显，它不是被我们或其他任何人所发明的。这样的关系大概就是我们科学的现实内容。只有当一个存在的事实被完全吸收，它才能真正被物理学所掌握。"

霍克沉思着，他没有反驳，但是我清楚地感到，我的思

想方法与他明显不同。

幸好我们的周末没有被这样紧张的谈话所完全占去。我们在一个避静的湖岸小屋里度过了头一夜，这小屋好象是在森林和水的环绕之中。第二天上午，一个印第安人领我们去捕鱼，因为他清楚地知道鱼活动的地方，所以在这段时间里，我们捕获了八条很大的梭子鱼，为我们和我们的向导全家提供了一顿丰盛的午餐。次日，我们还想再去，但这次没有那个印第安人同去，天气和风向与头一天几乎一样，而且我们直接去到这湖的同一地点，可是，我们在那里呆了整整一天，最后却空手而归。霍克说："这些鱼，就象原子，如果你不十分熟悉它们内部的习惯和反应，你就始终很少有机会捕获它们。"

我在美国停留的时期即将结束，我作出安排与狄拉克一同回国。我们将在黄石公园会面，步行几天，然后乘船越过太平洋到日本，取道亚洲，回到欧洲。我们会面的地方是旧清真寺前面的一座旅馆。刚到这儿的一天，我在那儿独自去爬了一次山。在路上我才了解到这里的山不象阿尔卑斯山，人难以通行。这儿既无大路，也没有小路；既无信号，也无标记。在紧急情况下没有指望能得到谁的帮助。在上山的途中，我在一段盘山道上消磨了很长的时间。在下山时，我累成那样，以致在草地上一坐下来便立刻睡着了，直到一只熊舐着我的脸，才被惊醒。我受到这样的惊吓，便立即起身出发，幸好还不到黄昏，我还能找到回旅馆去的路。

我在给狄拉克的信里说过，我们或许可以在回国途中观赏一个个的间歇喷泉，或许有幸可以看见一两个喷泉正在活动。办事细致而有条不紊，是狄拉克的特点，我们相会的时候，他早已拟订了一条很好的路线，他不仅标记了那些自然喷泉活动的时刻，而且给我们带来一幅绘好的正确路线图，其中

标明某个下午去喷泉数量可能最多的地方，正好可以准时看到它们在活动。

我们从旧金山经过夏威夷到横滨的长期航程中，摆在第一位的就是讨论物理学。虽然我们愉快地参加了打网球或掷木盘等各种游戏，有时，我舒适地稳坐在甲板椅上，那样，我能看到海豚成群结队绕船奔忙，或者，能看到飞鱼敏捷地逃去。从这以后，狄拉克常常坐在靠近我的甲板椅上，终于，我们可以谈谈各自在美国的体验和关于原子物理学未来的想法。对于美国物理学家如此容易接受相当抽象的、无法想象其面貌的新原子物理学，使我和狄拉克同样感到吃惊。象霍克这样的人，很可能感到我们的科学是一个或多或少连续发展的过程，在这过程中阐明发生在某个发展的特殊阶段上的概念结构，和沿最短路程去揭示下一个层次相比更不重要。当你采用实用主义的见解，你必定考虑，科学的进步，象一个连续的、永不终止的思维过程，这种过程同不断增加的实验知识本身相适应。因此，要紧的不是一般的作出解释，而是找一种适当的方法。

狄拉克同我一样确信，简单的物理学规律，最终将会出现，或者如我估计的那样，在这一过程中，它为人所共知。但是，在方法论上，他的出发点是特殊的问题，而不是更广泛的联系。当他叙述他的见解时，我总觉得他看待科学研究同登山者看待艰苦的攀登一样，认为全部问题的关键在于走完最后三尺，如果你走完了足够长的路程，你就可望达到顶点。总是想着整个攀登中的所有无数的困难，只会导致挫折。总之，当你碰到最困难的悬岩时，你就要面对现实，抓住不放。我的看法则不同，我的第一步（还是拿登山来比喻）是把登山作为一个整体来作出决定。我认为当且仅当找到一

条正确的路线时，单个的障碍才能被克服。完完全全的比喻是靠不住的。因为，无论怎样，拿悬岩来说，你决不能预先判明它在后面和在上面的什么位置。反之，在科学里，基本的关系将是简单的 。我确信自然界是可以理解的，或者说，我们的思想是能够理解自然的。象我们围绕施塔恩贝格湖旅行时，罗伯特所表明的那样：自然界所形成创造力的整个形式也是我们的精神结构所能理解的。

狄拉克和我讨论了关于方法论方面的许多想法以及进一步发展方向的展望。狄拉克主张，一个人决不能同时解决许多个的困难，我则主张一个人决不能绕过暗藏的困难，常常需要同时去克服好几个困难。狄拉克也许想说，任何人企图同去解决许多个的难题都是痴心妄想。他懂得，象原子物理那样远离日常生活经验的领域，斗争的每一步是何等的困难。对我来说，理智的愿望指出，困难问题的聪明解决方法，应该对于广阔领域多看一看，这样看一看，有助于我们很好地明瞭其他困难的出路，其中包括许多实际存在着而我们又尚未察觉到的困难。我们两个的说法都包含着一些真理的颗粒。狄拉克和我只好用玻尔经常讲的一句格言来作安慰。“同一个正确的陈述相对立的必是一个错误的陈述；但是，同一个深奥的真理相对立的则可能是另一个深奥的真理。”

第 九 章

生物学、物理学和化学之间的关系

（一九三〇——一九三二年）

我从美国、日本回来，就转入莱比锡范围广阔的工作岗位。我去讲课、作实验、参加各种专业会议和调查，促进我们那很小的理论物理研究所现代化，指导青年物理学家研究量子理论。我所从事的那些科学项目，对我来说，完全是新的。而且，几年来我同玻尔周围的哥本哈根同事们的联系十分密切，以致我那几年的假期都要在丹麦度过几个星期。许多充满生气的讨论都是在梯斯韦尔德的玻尔故乡的家里或在航行中的船上进行的。这条船是他和他的几个朋友在哥本哈根的朗格利尼港雇用的，它离港以后将到波罗的海去。

这所乡间住宅位于西兰岛北部，离海滨一英里左右的大森林的旁边。我们的第一次散步，至今我还记得很清楚，我们是从一条林间沙路走到公共海滨去的。这是用来预防风暴和沙丘迁移的人造林带。那时，玻尔的孩子们还小，他习惯于骑马和坐车，我总是设法允许我专门赶车送孩子们穿过森林。

傍晚，我们经常坐在火炉旁边，尽力使火保持旺盛，当住室的门关着时，烟囱很管用，我们走开时，尽量把门开得小一点，结果反而成了很好的通风口。玻尔这个爱发表不同

意见的人，提议将壁炉改成一个冷的装置。不管是冷还是热，壁炉周围总是很热闹的。无论什么时候，只要有其他的物理学家从哥本哈根来访问我们，总是预定要聚在它前面的那块地方，热烈地讨论我们所关心的一切问题。这一天晚上，我记得特别清楚。我想克拉梅斯和克莱因在这些人当中。象往常一样，讨论是围绕爱因斯坦所拒绝承认的量子力学的统计特性进行的。

克莱因说："很奇怪，为什么爱因斯坦竟会如此难于承认偶然性在原子物理学中的作用呢？其实，他比其他大多数物理学家更懂得统计热力学，并且他自己作出了普朗克辐射定律可靠的统计诠释，他之所以现在仍然反对量子力学，恐怕仅仅因为偶然性在这里处于主导的地位。"

"这的确是使他烦恼的主要方面，"我试图指出这一点，"在一杯水中，我们不能希望指出每个分子如何运动，从没有一个人会对物理学家运用统计学、运用概率论而感到惊奇。甚至人寿保险公司也必须对顾客的生命期望作出保险统计的估计。但我们向来假定，根据牛顿力学定律可以描述、但在原则上又极少有可能描述每一个分子的运动。换句话说，即设想从一个给定时刻的客体的状态可以推出它的下一时刻的状态。但在量子力学中，再也不是这样的了。在这里，现象如果不被扰动，我们便不可能进行观察——我们以自己观测所引进的量子效应，自动地把某种不确定性的程度，引入被观察的现象之中。这就是爱因斯坦所拒绝承认的，尽管他对这个事实知道得很清楚。他认为我们的解释不能算是圆满的，并希望新的事实的发现将帮助填补我们的知识中的缺陷。然而这只能是空想。"

玻尔说："我不完全赞同你的见意。当然，在古典热力

学和量子力学之间存在着基本的差别，但你夸大了它的重要性。无论如何，我觉得那种认为观察把不确定性引入到现象中这类的主张是不正确的、骗人的。事实告诉我们，‘现象’一词不适用于原子过程，除非我们详细说明实验细节和引进观察仪器。如果一个特殊的实验装置和随着的特殊观察已被说明，那么我们可以明白地说一个现象，而不是观察的干扰。但是，各种观察结果则不再象在经典物理学中那样直接。这样作并不意味现象是观察的干扰，其意思仅仅是不能体现经典物理学或日常经验方式中的观察结果而已。各种观察状态——我的意思是指所有的实验结构、读数等等——通常都是互补的，也就是说，它们是相互排斥的，不可能同时获得，它们的结果，不互相扰动，就不可能联系在一起。在这里，我看不出量子力学和热力学之间存在什么基本的区别。一个观察状态，包括温度，也有这种独特的关系。这里，所有参预的粒子的座标和速度可以是确定的。虽然如此，温度概念本身可以理解为关于我们称作‘正态分布’的系统特性的分立状态的不确定程度。或者，用一句科学语言来说，如一个系统是由许多不断同环境或别的客观系统进行热交换的粒子所组成，那么，每一个粒子的能量将连续变化，并将因此成为一个统一的系统。或许，从大量粒子的状态评价要比从很长时间来评价正态分布或正常分布更为清楚。所有这一切，你都能从吉布斯的著作中读到。因此，温度只能用能量的变化来确定，从而温度的精确确定同分子的精确确定是不相容的。”

我问道，“是不是说温度不具有客观的性质呢？我们经常想到这样一个命题：‘这个杯子中的茶的温度是七十度’，是一个客观事实，任何人去测量这个特定的茶杯，都可以得

到七十度的读数，用不着关心他怎样进行测量的。另一方面，如果温度只是表明关于这杯茶的分子运动的知识程度，那么，即使每一系统的现实状况完全一样，不同的观察都可能获得不同的温度读数。因而，不同的观察，反映着不同的知识水平。”

“不！你完全错了。”玻尔打断我的话说，“温度本身涉及观察状态的能量交换，而说到茶和温度计之间，则完全没有顾及温度计的其他特性。一个温度计只是一个现实的温度计，如果要测量一个系统内分子的运动（在我们的情况下就是这杯茶），那么，这个温度计本身就要求以精确的读数来反映正态分布。如果这样，所有的温度计都将得到同样的读数，而且对于这样一个范围来说，温度就是一种客观的性质。这就再一次表明：我们平常使用的‘客观的’和‘主观的’这对概念实在是有问题的。”

克拉梅斯看来不满意这一说法，他对玻尔说：“从你讲的那个茶杯内部的过程中，可以相信你那在温度和能量之间存在着不确定的关系的主张。但你确信那种思想在经典物理学中不适用吗？”

玻尔回答说：“对于一个确定的范围来说，我想是可以的。让我们来看茶杯中单个氢原子的性质，它的温度，如果我们真的能这么说的话，一定达到同茶一样高，在我们这里就是七十度。因为它同所有别的茶分子交换热量。它的能量，由于存在热交换而又必须是波动的，因此，我们只能规定能量的几率曲线。相反，如果我们测量氢原子的能量，而不是茶的温度，那我们则不能由能量推知温度，我们又只能画一条几率曲线以表示温度。这条曲线的相对幅宽，或者说所需要的真正精确的温度或能量值，对于一个象氢原子这样的对象来

说，是相对地太小了，然而却很有意义。在一个较大的对象里，比如在一杯茶那么大的数量中，它就由于其过小而变得可以被忽略。”

克拉梅斯反对说：“在旧热力学中，我们是这样去教我们的学生的，能量和温度被认为是同时发生的同一种客观现象，没有一个字讲到关于非决定或不确定的问题，你怎么能使它与你的观点协调呢？”

玻尔回答说：“旧热力学对统计热力学，如同经典力学对量子力学一样。对于大的对象来说，在某种意义上，如果我们认为它们的温度和能量值相一致，我们没有犯重大的错误；正如我们认为能够同时估计出它们的位置和速度一样。而对于很小的客体，事情就完全不同了。在热力学中，我们通常说，它具有能量，而不是讲它的温度。但是，如果仅仅因为我们不知道怎样去划分什么是大的和什么是小的客体之间的界线，我便觉得这个想法是错误的。”

现在，我们大家都认识到，在热力学的统计规律和量子力学的统计规律之间的基本差别上，为什么玻尔比爱因斯坦远不是看得那么重。玻尔觉得，互补性是所有试图对自然进行描述的重要的、固有的特点，尽管统计的热力学，特别是吉布斯的那种热力学形式，还不能很充分地指出这种特点。另一方面，爱因斯坦却停留在牛顿力学或麦克斯韦场理论的概念世界之中，完全忽视了互补性的特征。

于是，讨论转入到互补原理运用的可能前景上。玻尔说互补性原理可以非常有效地把生物过程同纯物理和纯化学过程区分开来。这个议题，在我们扬帆航行的大部分时间里，都一直讨论不停。关于这些讨论，我还要稍多说几句话。

我们这只船的船长是尼尔斯·别鲁姆，他是哥本哈根大

学的化学物理学家，是一个兼备老水手那种非常幽默和具有丰富航海知识的人。他那种吸引人的个性，一开始就吸引住了我，使我几乎在每一种情况下都愿意按他的吩咐办事。乘员中有外科医生席维茨，他总是好用讥讽的口吻谈论船上遇到的每一件事情，常常把船长当作他友好嘲讽的对象。别鲁姆则以牙还牙。听他们的谈笑非常有趣。在这次特殊的旅行中，还有两个乘员，他们的名字我已记不起来了。

每年夏末，希塔号游艇要从哥本哈根送到芬兰岛的斯温堡（Svendborg），在那里，把它送进船坞去修理。这次航行，即使顺风，也不可能在一天内到达，我们因此作好了准备。一天早晨，天气晴朗，我们迎着清爽的西北风，很早便从哥本哈根出发。我们很快地通过了阿玛格岛南端，到了西南方向的库奇海湾。几小时以后，斯提芬·克林特（Stevns Klint）悬崖映入我们的眼帘，我们很快地从它跟前经过，风也刮起来了。因此，我们几乎完全不能前进。又过了一两个小时，我们有些着急了。我们开始谈论起艰苦的北极探险来了。席维茨对别鲁姆说："如果不立即这样起风的话，我们的供应便将枯竭，那么，我们就要抽签决定把谁最先吃掉。"别鲁姆扔给席维茨一瓶啤酒，并且说："我无法那么快就给你所需要的精神安慰，但愿这瓶酒能保你度过下一个小时吧！"

倾刻间，天空布满乌云，雨点首先落到甲板上，我们都穿上自己的油布雨衣。当我们进入西兰岛和莫恩岛之间的狭窄通道时，狂风大作，大雨倾盆而下。我们尽力把航向保持在尽可能正确的方向上。一小时后，我们几乎被弄得精疲力尽。由于不习惯于抓住绳索，我们的手都肿了起来。席维茨嘟哝道："为什么我们可怜的船长不给我们找一条更近的航道呢？当我们航行得很如意时，我们就不会有这么多的抱怨

了。”我发觉玻尔一直在努力从物理学的效应上去帮助这次困难的航行。很久以后，当我们到达斯特雷特岛、西兰岛和法尔斯特岛之间的开阔水域时，已经黄昏了。从这里，我们折向西北方向航行。这时雨已经停下来了，我们可以轻松一下，让风带着我们前进，在漆黑夜里航行，全凭罗盘指引航向。当然，偶尔也有远处的航标给我们指示方向。我们开始闲聊，船员们经过艰苦的工作，在一间小舱里休息和睡觉。席维茨还在舵轮跟前，玻尔站在他旁边，眼睛望着罗盘。我赶上去，看着远处行船的灯光。席维茨开始说话了，“这能很好地盯住灯光吗？”“假若我们碰上了一条迷了路的鲸鱼呢？它既没有红光在左舷，也没有绿光在右舷，我们很容易与它相撞。海森堡！你能看到鲸鱼吗？”

我回答说：“我什么也看不到，但是，即使鲸鱼真的出现，危险也不会比大浪更大吧！”

“但愿如此！如果我们真的碰上那么一条鲸鱼的话，那我们的小船和鲸鱼都会撞出一个窟窿。但在这里有基本的区别：鲸鱼身上的洞会自行愈合，而我们的船将成为一条受损的破船，以至将沉到海底。如不会沉到海里去的话，我们当然总可以把它修好。”

玻尔也插话说：“生物和死物的区别远非这样简单，如果你要那么说的话，在鲸鱼身上，我们的确可以看到生命创造力的作用，它能使损伤的部分得以再生。当然，鲸鱼自己并不知道这种创造力。无疑，它是生物学上遗留下来尚未得到解释的一个部分问题。但船也不是完全死的物体，它的修复，对于人来说，如同蜘蛛网的建造对于蜘蛛，或者鸟窠对于鸟一样。船的创造力来自人，它的修复过程，有些类似于鲸鱼的愈合过程。在这里，如果没有人去决定它的修造，则船

永远不会被修复。当然，这个事实对人来说，这种创造力包括了意识，因而出现了重要的区别。”

我问道：“你是将创造力完全归属于超出物理和化学领域之外的某种因素的呢？还是你推测创造力可能是暂时还不知道如何表述的原子状态自身的某种相互作用、共鸣、或者爱好的呢？”

玻尔说：“我们大概应该抛弃有机体纯粹是一种由原子砖块组成的有结构系统的见解，——如同经典物理学考虑的那样——那是从来就不可能的。但是，我们达到了量子力学，此后，我们将导致可以用那些结构完备的量子理论的数学语言所能描述的东西，如象原子和分子的稳定状态，并以此同那些生物过程的结果进行对照。但是，这里也有着一系列的基本区别。原子物理学的完整结构——原子、分子、晶体——都属于稳定的结构，它们由基本粒子、原子核和电子组成，除非由外部给予干扰，否则，它们不随时间变化。如果干扰发生了，那么，它们将作出确定的反应。如果这种干扰不太大或不太久，它们最终将要回复到初始状态。相比之下，生物则根本不是稳定结构。古代人常把生命比作火，因为他们认为，这两者从形式上看，都是由物质流动产生的。这当然不是说，我们决定将来要去测量某些特殊原子属于生命，而另一些则不属于生命。因此，问题应当这样来提出：量子力学可以把自然界的发展趋向解释为，具有固定化学性质的物质在一段有限时间里能够流动的形式结构吗？”

席维茨插话说：“医生对这个问题，不作两种不同的回答。他承认在一次失调之后，生物有一种回到正常状态的趋势，他同样相信这个过程包含在因果关系之中。换句话说，一种力学的或化学的解释，导致为物理和化学所预言的好效

果。生物学和物理学所不相容的这个事实，对大多数医生来说，并不是一下子就可以发现的。”

玻尔指出：“但是，这里我们有观察事物的两种互补方式的典型情况。首先，我们可以用人们通过交往而发展起来的概念，用过去上千年的生活现实去描述生物体。在这种情况下，我们谈论‘生命’、‘有机效应’、‘新陈代谢’、‘呼吸’、‘治愈’，等等。其次，我们还可以追究因果过程。于是，我们用物理学和化学的语言，来研究神经的化学过程或电磁过程。从而以其巨大的成果表明，物理学和化学的规律，或更一般的说，量子理论的规律，对于生命有机体是完全适用的。这两种观察事物的方式是对立的。因为第一种情况下，我们假定一件事情是由服从于它的意志，由它的目的所决定的。在第二种情况下，我们相信一件事情是由前面的事件直接决定的。看来，不大可能使两种方式在简单的变化中引出同样的结果。事实上，它们是互相补充的，如我们早已知道的，它们都是完全正确的。由于这是涉及一件生命事物，生物学不必问这两种观点那一种更正确，它们都是对自然的处理。而为要控制事物，这两者就应当准备结合。”

我插话说：“换句话说，你是不是相信，在原子物理学已知的力量和互补效应之外，还存在着某种特殊的力？比如，活力论者所说的关于生命机体特殊行为的反应力，在我们的话题里就是鲸鱼从它负伤到复元的能力。你是不是宁愿采取这种观点：特殊的生物学规律不可能在非有机体中发现，但是，这种结果不是又离开了你刚才描述的并协状态吗？”

“是的，我想讨论这个问题。一个人也可以说这两种看待事物的方式都属于互补的观察状态。在原则上，我们可以测量细胞中每一个原子的位置，可是在这个过程中就要杀死

这个生命细胞。这样一来，我们最终认识到的是一个死细胞而不是活细胞中的原子排列。如果我们现在用量子力学去确定这个原子排列的以后一种行为，那么，我们将会发现细胞的衰老、分裂，或无论你采用一种别的什么称呼。相反，如我们想使这细胞继续活着，而且此后不允许更多地对原子的结构作非常仔细的观察，那么我们的结论将仍然是正确的，不过它们将不可能使我们去说明这细胞是死的还是活的。”

“我完全明白你为什么要在互补的意义上把生物学规律同物理学和化学规律区别开来。”我说，“但你的评论仍然离开了关于两种解释的选择，这在许多科学家说来，就象是粉笔同奶酪的区别一样明显。让我们设想，当有一天，生物学同物理学和化学完全融合起来，如同物理学和化学在量子力学中已经融合起来一样。你会不会相信这门新科学的自然规律，就如统计学的概念是在牛顿力学规律上加上温度和熵的概念一样，将仅仅是带有若干生物学概念的量子力学规律呢？你认为统一的科学是受被更广泛的自然规律所影响的，而量子力学只是一种极限的情形，就象牛顿力学的量子力学的一种极限情形一样吗？采取第一种作法，我们能够证明，如果我们想解释大量的生物机体，那么，将进化的概念，即在地质时期中选择的概念，加入到量子力学中去，不论怎样都是必须的。而且不能因此埋怨这种成份的加入将引起某些基本困难。生物机体的那些形式，仅仅是自然界的受量子力学规律支配的、地球上经过几十亿年的时间磨炼出来的。但是，这也是对第二种观点的很好的论证。例如，我们可以说，在量子理论中的任何东西，都远没有指出对于保持固定不变的化学性质的有创造能力的形式，为什么能任凭物质连续变化的趋势。我不能说这两种意见中哪一种更重要，你说呢？”

玻尔说："首先，我不明白，为什么在这些观点之间进行选择，对于今天的科学状况是如此重要的一件事。其实重要的是要在那受物理学和化学规律所支配的世界里，给生物学找到一个适当的位置。观察状态的互补概念使我们能够这样做。生物学概念的扩充对于量子力学说来是不可避免的，尽管我们还不能说明对于量子力学的扩展还应补充些什么。量子力学中的大量数学公式已包括了生物学的形式。既然生物学的研究不考虑量子力学的扩展，我们自己就不一定坚持。在科学中，最聪明的办法是尽可能谨慎，只有当观察变得费解时，才去进行扩展。"

我指出："但是，生物学家相信这已经是事实，他们认为达尔文主义现在的这种形式——变异和选择——不可能对我们在地球上发现的所有不同的生命形式都考察到了。事实，当生物学家们解释偶然变异的存在时，告诉他一种生物的遗传基因可能在某个方向上出现突变，还有环境因素有利于某个物种的繁殖而使另一些物种消失，对外行说来并不困难。达尔文的解释是，整个事情是一个选择过程，适者生存，这是容易令人信服的，虽然这也许值得惊奇，不知道这种陈述是一个科学的主张还是仅仅是关于适应一词的解释。我们称那些在一定条件下，繁殖的物种为'适应'的或'能生存'的。但是，如果我们考虑到选择引起的特殊的适应或能生存的物种，就很难相信一个完整的器官，如人眼是单纯意外事件的结果。许多生物学家对这种情形显然持这种观点，他们将告诉你，在地质的历史过程中的一个特定的阶段，导致出最终的结果，获得眼睛。别人则多为怀疑论者。有人向我谈起数学家冯·诺意曼同一个生物学家的一次谈话。这个生物学家信奉达尔文主义，而冯·诺意曼则持怀疑态度。他把这位

生物学家引到他书房的窗前，对他说：‘你能看到山那边的白色别墅吗？它起因于一个纯偶然的机会。一个小土堆花了数百万年的时间才告形成，树木生长起来，又枯死腐烂，又再生长，然后，风带着沙子把土堆顶盖上，石头沉在那里，也许是一个造山过程。它们偶然被搬来放在另一座山的顶上。如此等等。当然我们知道，偶然过程很久以后，大概会产生完全不同的结果。但正是现在，它们使这幢农村房舍具有这样的面貌，人们就在这时候搬进去并住在那里’。不用说，这位生物学家必定讨厌这种推理。但冯·诺意曼不是一个生物学家，而且，我也不能判定他们谁是谁非。我认为，任何生物学家对达尔文的自由选择所提供的关于存在很多奇器官的整个说明，提出怀疑是有道理的。”

玻尔补充说：“全部事情或许是一个时间尺度问题。达尔文理论的现代形式，造成了两个相互独立的主张，一方面它说通过遗传过程，自然界总是检验新的生命形式，抛弃大多数，保存一些能适应的生命形式。这从经验上看来是正确的。但还有第二个主张，认为新形式的创造，是通过基因结构的纯意外的扰动引起的。这就很成问题，使我们很难对两种结论进行选择。冯·诺意曼是想指出，在很长时间的变化中，由于偶然性的因素，差不多任何事情都可能发生。在这里碰到的是可能性。我们知道，自然界产生高级生命的几率是小得难以想象的。物理学和天体物理学的研究告诉我们，在地球上，从最原始的生命的出现到现在，不过几十亿年。现在，到底是不是偶然的突变和选择就足以产生出比较完善和高度发展的生物，并且在这期间，由于时间的推移，发展出一个个的新物种。关于这个事实，我们还知道得太少了，对此，我怀疑是否能作出可靠的回答。因此，我们最好姑且把它搁

起来。”

我继续说：“偶尔用来支持量子理论扩展的另一个理由，是人类意识的产生。毫无疑问，意识不能在物理和化学中出现，我也看不到有什么理由它可能是量子力学的结果。任何科学，在讲到生物结构时，都应包括意识现象，因为意识是现实的一部分。”

玻尔说：“这一个理由，一看就非常令人信服。我们清楚地知道，物理学和化学中，没有任何东西产生意识，而且因为我们自己就有意识，所以我们知道意识是什么。因此，意识必定是自然的一部分，或者，更概括地说意识是现实的一部分，只是它的意义完全离开了物理学和化学的规律，如果放在量子理论中，我们也必须以完全不同类型的规律来考虑。但是，恰恰在这里我们不知道怎样才能比采用互补概念而具有更大的自由。在我看来，这里造成了微妙的差别——作为热现象的统计解释，我们是在量子力学中加进新概念，并以此形成新的规律，并不是改变量子力学本身；或者，在经典力学的发展中，引入量子理论，我们使这个理论扩展了。现在的问题是，现实的带有意识的这个部分，如何同物理学和化学中讨论的那一部分联结起来，怎样才能使这些部分中占统治地位的规律不致于冲突？这里，我们显然有一个真正互补的事实。当我们对它可以作更详细的分析时，我们才能够比现在对于生物了解得更多一些。”

谈话就这样地继续着。这时轮到玻尔掌舵，席维茨照管罗盘，我则继续望着黑暗中的那些灯光。已经是半夜过后很久了，浓密的乌云后面偶尔泛出一点白斑，暴露出月亮所在的位置。我们大约走了二十英里之后，到达斯特来特岛，随后又到达奥莫森海峡，这是我们打算抛锚之前经过的地方。根

据我们的地图，进入海峡的地方，有扫帚把从水中浮现出来作标志。至少我一生都不能想象，在湖水中航行了二十英里之后，在漆黑的夜晚，我还有可能认出一只扫帚把来。

席维茨说："海森堡！你还没有发现它吗？"

"没有，你最好是请我务必去发现前一艘船经过这里时船上的某个人扔下的一只乒乓球吧！"

"你真是一个无用的水手！"

"为什么你不来作这件事呢！？"

席维茨抬高声音，让整个客舱都能听见，他说："这是一个古老的故事，好象是一幕悲剧，船长睡大觉，船碰上了暗礁，全体船员都沉下去了。"

接着我们听到从下面传来别鲁姆朦胧欲睡的声音，他说："你稍微考虑一下，我们可能在什么地方吗？"

席维茨回答说："是的，我们可以明白地说，我们正在那睡大觉的别鲁姆船长领导下的席塔号快艇上。"

别鲁姆走上来并把事务接了过去。我可以看到一个灯塔的闪光，但不知道有多少距离，这又迫使我们采取非常谨慎的态度。有人让我用线锤测水深。我尽可能把它测得精确，因此我们减慢了航行速度。从灯塔的位置和探得的深度，再参考我们的地图，可以大致地估计出我们现在的位置，必定在距我所观察的扫帚把半英里的地方。这对我们每个人都是很大的安慰。

我们又航行了不多几分钟，别鲁姆命令我向前看。但是天色还是那么漆黑，我什么也没有看见。可是他突然喊道："它在这儿！"奥莫森海峡的入口处离这里大约一百码。我们在这个岛较长的一边抛锚。我们都很高兴，全体都去休息，很快便在船舱里睡熟了。

第 十 章

量子力学和康德哲学

（一九三〇——一九三四年）

我在莱比锡的同事们成长得很快。来自许多不同国度的具有非凡才能的青年人参加进来，同我们一起发展量子力学，或者把这一新理论应用于物质结构的研究。这些非常热情、思想解放的物理学家，使我们的研究班增添了生气。几乎每个月都要扩大新思想的应用范围。来自瑞士的F·布劳赫，大大增加了我们对于金属电气性能的理解；来自俄国的L·朗道和L·皮尔斯考察量子电动力学的数学问题；F·亨德发展了化学键理论；E·泰勒确立了分子的光学性质。C·F·魏扎克参加这个组织时，年仅十八岁，他把哲学评论带进了我们的研究班。尽管他是一个物理系的学生，只要我们的谈话碰到哲学或宗教问题时，他脸上便露出少见的笑容。

年青的哲学家G·赫尔曼来到莱比锡，对原子物理学的哲学基础提出了挑战，她建议我们在一年或两年后，举行专门的哲学讨论会。在哥廷根，她是哲学家L·尼尔逊手下的积极分子，沉浸在十九世纪早期哲学家和博物学家J·F·弗莱斯的新康德主义思想中。弗来斯学派，因而也是尼尔逊的同事们的要求之一，就是所有的哲学问题必须用现代数学的

标准分析式的僵硬方式来对待。格利特·赫尔曼相信她能以下述一些严格的手段证明因果律——在康德给定的形式下——是不可动摇的。现在，新的量子力学似乎跟康德的概念挑战，于是她决心对这个问题同我们争个水落石出。

她同我和魏扎克进行的第一次讨论，大概是这样的：

她开始说："在康德哲学中，因果律不是可以用经验来证明或否证的命题，而又是所有经验的真实基础，即它是康德称之为先验的悟性范畴的一部分。在这里，如果没有一个使那些确实无疑的印象前后相随的规则，那么，我们用以把握世界的感觉印象就没有什么意义，这些主观感觉同客观事物也没有任何关系。这个规则的意思是说，如果我们确实主张对于已有经验的任何事物或过程，希望我们的观察是客观的，那么原因和结果之间的严格关系必须被假定是存在着。现在，科学处理的正是客观经验，而经验唯有同样可以被别人所证明，并在严格的意义上是客观的，才可以成为自然科学的对象。因此，科学必须假定一个因果律，科学之所以能够存在，也只是因为有这样一个规律。因果律是我们用以组织我们的感觉印象的原始材料，使之变为经验的精神工具。只有这样，我们才能把握自然科学的对象。事情既然是这样，量子力学怎么能摆脱因果律，而又希望是自然科学的一个分支呢？"

我试图描述导致量子理论统计解释的实验，我说："让我们取一个简单的镭元素B的原子，当然，用大量的这类原子，也即用一小块镭来作实验，比用单个原子来说容易得多，但原则上说，这并不成为我们不研究单个原子行为的理由。我们知道，镭元素B的原子或迟或早要在一定的方向上发射一个电子，变为元素镭C的原子。平均来说，将在半小

时左右内发生这种衰变，但特殊的原子可能在一分钟或在一天后发生衰变。对于‘平均’一词，我们的意思是简单地说：在大量镭B的原子的情况下，它们的一半在三十分钟之后会发生衰变。但是我们不能正是解释某一个特殊的原子在这一时刻而不在下一时刻衰变；或者，为什么在这个方向放出一个电子，而不在另一个方向，正是在这里，因果律出了毛病。我们有各种理由认为：没有一种原因是实在的。”

赫尔曼说：“这一点是清楚的。许多人认为，现代物理学犯了错误。纯粹的事实、没有原因的现实结果被发现了，这并不意味着那种原因不存在。我自己将简单地归结为这是一个尚待解决的问题，原子物理学家必须继续进行研究，直至发现这个原因为止。既然你不能说电子什么时候、在什么方向上发射，因此，你关于镭B原子在发射电子以前的知识是不完全的。换句话说，你还要继续观察。”

我坚持说：“不！我认为我们已发现了这个领域里所有的可以发现的东西。从镭B的其它实验中，我们知道，那里除了我们约定的以外，没有什么决定论原则能使我们更清楚一些。我们现在当然不可能说，在某一个方向上某个电子即将发射，而你却告诉我们继续对更多的事实进行观察。即使你的这个假定是正确的，我们能够发现这些事实，我们同样还会遇到新的困难。你知道，电子可以被看作是从原子核中放出来的物质波。这类波可以引起干涉现象。让我们进一步假定，这种原子核在相应的方向上发射的波，可以在特殊的仪器内引起干涉，结果将在一定的方向上消失。在这件事情上，我们可以作出正确的预言说：电子最终将不是在那个方向上发射出来的。但如果我们发现了新的决定性因素，则我们又可以说，电子是在明确规定的最初方向上发射的，那

么，不会发生任何干涉。这就没有任何东西消失，因而我们原来的结论就可能是错误的。事实上，消失的可能是一种被观察的实验状态。这是自然界本身告诉我们的，除非我们的知识是完备的，不然就没有新的决定性因素存在。”

赫尔曼说：“但是，这太可怕了，一方面你声明你关于镭B原子的知识是不完备的，因为你不能说电子什么时候、在什么方向上发射出来；另一方面，如果有充分决定性因素，你的知识又是完备的，你又会因为别的实验而遇到困难。但我们的知识不能同时既是完备的，又是不完备的。这整个的事情都是毫无意义的。”

这时，魏扎克参加了讨论，他说：“这里可能发生明显的矛盾，因为我们如果象镭B原子一样，是一个自在之物，一个康德的自在之物那样运动，然而，这并不是说它是自明的或正确的。那么，甚至康德也要把自在之物当作一个成问题的概念来讨论。他体会到关于自在之物自身什么都不能说，我们能说的只是关于观念的客体。他假定，根据自在之物的模式，我们有可能建立和整理这些客体之间的相互关系。换言之，他把那些只有从日常生活中获得的经验结构，当作一种先验的东西来讨论，在更清楚的形式中，也是当作古典物理学的基础。在这种观点看来，世界是在空间中随时间而变化的事物，沿着一个固定不变的规律，一个接一个的过程构成的。但是，在原子物理学中，我们学会了不再使观察同自在之物的模式相联系，因此，这里不是自在的镭B原子。

赫尔曼打断他的话：“你好象不是在康德哲学的原意上运用自在之物这个命题。我们必须弄清自在之物和物理现象之间的区别。按康德的原意，自在之物不在现象中表现出

来，它不是任何直接的东西。这个概念只有一个作用：在自然科学中，以及在所有的哲学理论中，它属于不可认识的东西。你当然知道，由于我们的全部知识是以经验为基础的，因而经验意味着知道的东西比其在我们面前呈现的东西更为可靠。即使是一种先验的知识，也是对自然状态的事物的处理，它唯一的职能是使经验成为可能。现在你如果涉及自在的镭原子，在经验印象的意义上，你只是简单地涉及到康德所说的事件或客体。客体是现象世界的一部分：椅子和桌子、星球和原子，等等。”

“我们是否永远看不到如象原子一类的东西呢？”

“当然，我们可以从观察到的现象中，把它们推论出来。现象世界是一个连续的结构，即使在日常经验中也是不可能完全直接看到的，我们直接看到的和我们靠单纯推论出来的东西之间有着明显的区别。你看到这把椅子，但从你站的地方不能看到它的背面，但你仍然肯定它是存在的。这个简单的道理，说明科学是客观的，它之所以为客观的，显然是因为它所指的是客体，而不是知觉。”

“但如果讲到原子，我们既不能看到它的正面，也不能看到它的背面。为什么它们必定有象椅子和桌子那样的一些属性呢？”

“因为它们是客体。没有客体，便没有客观的科学。而任何客体都是被诸如实质、因果律等范畴所决定的。如果你放弃这些范畴的严格运用，也就是在总体上不承认经验的可能性。”

但是，魏扎克反驳说：“在量子理论中，我们运用了一种新的客观知觉的方法，这是康德在他的哲学中从来也没有想到过的。任何知觉都涉及到一种观察状态，而这种状态是由经验结果如何来确定的。这种知觉的结果，在经典物理学

的方式中不再能被客观化。一个实验允许我们去推论镭 B 原子存在，那么，知识终究对于这个特定的观察状态来说是完备的，只是对另一个观察状态来说是不完备的。例如，捲入到关于一个电子发射的陈述就是如此。如果两种观察是处于玻尔称之为互补的关系中，则一个知识的完备必定意味着另一个知识的不完备。”

“难道你试图以此来推翻康德关于经验的全部分析吗？”

“不！我并不是那样。康德只是非常精明地指出了我们如何获得我们的经验的。我相信，他的分析基本上是正确的。但是，当他使用‘空间’和‘时间’的直觉形式、具有先验地位的因果律等范畴时，他便陷入这种假定它们为绝对的危险，从而要求它们必须包括全部物理学理论的内容。但是，这并不是相对论和量子论所表现的那种形式。尽管康德在他自己的道路上是非常正确的。物理学实验首先必须在经典物理学的语言中来描述，否则，其结果是不能同已证实了某些方面实验的其他物理学家进行交流。康德的‘先验’一词，由于没有意义而从现代物理学中消失了。它简单地被相对性原理所阐明。经典物理学的概念，其中包括空间、时间和因果律，只要它们必定被运用于实验的说明，或者让我们更慎重一点说，只要它们在这儿被现实地运用，就可以说是相对论和量子论的先决条件。但是，它们的内容，在新理论中并没有任何变化。”

“所有这些，仍然没有对我原来的问题作出回答”，赫尔曼说，“我感到奇怪，为什么我们没有能力讨论比如一个电子发射的原因。这实际上意味着我们必须放弃作更多的研究。众所周知，你不能禁止这种研究，但你宣称，这是无用的，因为那里不可能有更多的决定性因素可以被发现。的

确，你可以争辩说，如果它在简明的数学语言中当作公式，是唯一的，在另外的实验中明确的预言不确定性仍是允许的。但是，这你又宣布是由结果产生的。如果你要那样争论，那你便转入到了带有客观性质的物理学的现实的不确定性方面。而按通常的说法，不确定性是无知的同义语，而且本身就是一种纯主观的东西。”

我感到我必须立即再参加讨论，我说：“从你刚才的言论中，你提供的描述对于现代量子理论最特殊的面貌是极为清晰的。如果我们试图从原子现象的学说中推出规律，我们发现，我们不再去建立时空中客观过程的联系，而仅是观察的状态。仅仅因为这一点，我们便可以得到经验规律。我们用数学符号描述观察状态比描述事物更为可能。可以说，它们是描述一种可能和现实之间的中间层，仅仅在这个意义上，才能叫做客观的，就如温度在统计热力学里被称作客观的一样。我们关于这方面的知识，就是我们能作出某种预言的能力所在。但作为一个规律，它们只能允许我们推测未来事件的可能性。康德不能预见远离日常经验的实验领域，我们也不能再把它们归结为‘自在之物’或‘客体’，换句话说，他不能预言原子既不是物体，也不是客体。”

“它们究竟是什么呢？”

“由于我们的语言是建立在日常生活经验之上的，而原子则不是，我们缺乏确切的术语。但是，如果你不打算逃避的话，我们有权说，原子是观察状态的一部分，原子在分析物理学所涉及的现象中，有显著的解释的价值的一部分。”

魏扎克插进来说：“因为我们谈到语言的困难，这很值得我们回忆一下学习现代物理学的最重要的课程，在这里我们讨论的经验，多半仅适合于极限的情况。如‘事物’、

‘概念的对象’、‘时刻’、‘同时性’、‘范围’等等所有这些概念，使我们在真实的实验状态中碰到了困难。这并不是说，这些概念不再是一切经验的前提，而只是说，它们作为前提，必须在每一领域作批判性的考察，而且不能从这里推出绝对的规律来。”

赫尔曼看来很不高兴我们谈话中的这个转折。不知她是打算驳斥原子物理学家同康德哲学的争论，还是相反，承认康德犯有哲学方面的重大过失。她这时候象发现了一个半倒塌的房屋似的，感到很不自在。她问道：“你们关于康德‘先验’观念的相对主义化，确实就语言自身来说不是相当于在‘我看可以认识非存在’的意义上完全放弃了吗？你们真的相信这不是我们能够平稳立足的认识基础吗？”

魏扎克好像已经乐观地看出，这正是自然科学进步的证明，便非常勇敢地回答说：

“当然，我们肯定康德以其‘先验’一词为他那个时代的科学知识状况提供了正确的估计，但是，现代原子物理学的面貌是一种新的知识状况，我们的术语可以采用别的术语来加以比较。阿基米德杠杆原理是阿基米德时代技术运用规则的正确表达，但不能满足现代技术，例如电子学的需要。阿基米德原理反映了真实的知识，没有什么含混意义之处，它适用于一切时代的杠杆。如果在遥远星系里某个行星上有生命的话，那么，阿基米德原理也能很好地适用于他们。事实上，知识的延伸，帮助了我们在工艺领域的进步。在这个领域，既不影响杠杆原理的相对主义化，也不影响它的历史主义化。它直接表明，在历史进步的过程中，这些原理失去了它们原来具有的重要中心地位。与此相类似，我相信，康德关于人类理性的分析，说明了真正的认识，没有任何表达含

混之处，只要进入同环境的接触，我们便归于某种经验，它便适用。但是，康德的‘先验’一词，也可以离开中心地位，而变成关于认识过程中，对经验更广泛的分析的一部分。古往今来，‘任何年代，它都具有自身的真理性’一语，必将造成一种损害科学和哲学知识发展的错误。我们自然要能经受得住历史前进过程中人类思维结构本身的变化。科学的进步，不只是由于解释了新发现的事实，而且是由于它一再重复地告诉我们，‘理解’可能意味着什么。”

这个部分地建立在玻尔学说基础上的回答，看来在某种范围内满足了赫尔曼，我们感到我们自己都学会了很好地处理康德哲学和现代科学之间的关系。

第十一章

关于科学语言的讨论

（一九三三年）

现在，原子物理学的黄金时代，很快地接近了尾声。在德国，政治的动乱正在与日俱增。激进的右派和左派团体，走上了大街，在较偏僻的地方发生冲突，并试图捣乱对方的会议。甚至在大学和教职员会议期间，紧张局势几乎悄然地加剧起来。有一段时间，对这种危险我想闭上眼睛，不去理会大街上这种令人讨厌的情景。但是，当人们我行我素的时候，现实总是比我们所有的愿望更加严酷——此时，它给予我犹如置身于梦境的感觉。一个星期天的早晨，我同弗里德利希约定骑自行车去郊游，我已把闹钟拨到五点钟上。就在醒来之前的半睡眠的朦胧之中，我看到了一种奇特的情景：在曙光中，我向慕尼黑的路德维希雕像走去，仿佛在一九一九年春天我去过的那次一样。大街沐浴在淡红色的愈来愈绚丽多彩的辉光中。一群群手拿着红旗和黑红白三色旗的人们，在充满吵闹和喧哗的气氛中，从凯旋门向大学的喷泉潮涌般地挺进。突然，正在我的前面，一挺机关枪开始吼叫起来，我正想逃到安全的地方之际，醒来了。原来枪声是闹钟的铃声，这时，早晨微红色的光线已照在我的卧室的窗帘上。从那一瞬间起，我忽然明白了我们再一次面临着一系列

的艰难时期。

在一九三三年一月的大灾难之后，我同老朋友们只度过了一个较为愉快的假日。我们大家都把它当作"黄金时代"，既美好又痛苦的告别而铭记难忘。

我借用了一间滑雪的棚屋，它位于格罗塞·特尼辛南坡的贝里斯采尔村庄上面的高山草地上。从"青年运动"来的一些朋友，把这间被雪崩毁坏了大半的棚屋又修复了。有一个同伴的父亲是个木材商人，他提供了必需的材料和工具。那个农夫——这座棚屋的主人，夏天把那些朋友们带到草地上去，在秋高气爽的几个星期之内，他们收拾好屋顶，安上了百叶窗，把内部安顿成住室。作为一种酬谢，主人允许我们把这座棚屋用作滑雪客房。一九三三年初，我曾邀请玻尔和他的儿子柯利斯坦、布劳赫和弗里德利希来滑雪度假。和玻尔约好，玻尔、柯利斯坦和布劳赫决定从萨尔茨堡直接到奥伯留道夫，他们从那里再攀登下一段的路程。弗里德利希和我提前两天到山上去准备干粮，处理一些事务。开始几周，正值天气晴朗，我们就把几盒食品交给布伦斯坦避风站。从那里我们再把它们装到背囊里经过一小时的路程带到我们的棚屋。在我们到达山里的头一个晚上刮起了大风，天不停地下着大雪。第二天早晨，我们吃力地清扫门口的积雪，当我们迎着暴风雪，踏着刚下了一呎深的积雪，中午到达避风站的时候，天气仍不见放晴的迹象，我意识到，要提防可能发生的雪崩。当时按照我们事先的商定，我从避风站给正在萨尔茨堡的玻尔打电话，说明山上的情况，并相约弗里德利希和我第二天在奥伯留道夫车站跟他见面。玻尔认为，这是完全没有必要的，他将和柯利斯坦、布劳赫乘一辆出租汽车从奥伯留道夫出发，直接到达棚屋。我一再解释这种想

法是不切实际的，结果，他同意了我们先说的意见。这天夜里一直下着大雪，到了第二天早晨，我们的棚屋差不多被雪埋住了。昔日的小路完全看不见了。幸亏天空开始晴朗，可见度是好的，我们才有可能摆脱这个最恶劣的地点。弗里德利希和我轮流挖一条新路到避风站，一旦到达那里，我们就能滑雪下山直奔奥伯留道夫。我们的足迹能够帮助我们返回原路，而且天空晴朗，风也停了，这样在天黑以前就不会有撞到风吹的雪堆里的危险。但是，当我们在预定的时间到达车站的时候，却不见玻尔、柯利斯坦或布劳赫的踪影。相反，一大堆行李：雪橇、帆布背包、外衣已御下车，所有这些东西看起来多半是我们客人的。我向车站的人打问了一下，原来是他们在中途站下车喝咖啡，所以这些行李的主人就没赶上火车。这样，他们就不可能在下午四点之前到达这里了。这就意味着，我们最困难的一段爬山，将要在黑夜中进行。弗里德利希和我利用这段空闲时间，把必需用的行李捡出来，以便尽量地节省我们在路途中的体力。当我们的客人在四点钟准时到达的时候，我告诉玻尔，我们还免不了遇到相当大的危险，因为弗里德利希和我在来的斜坡上留下的足迹，是我们通过那些变幻莫测的积雪的唯一的路标。

玻尔考虑了一下，说："路并不陌生，我认为，这一座山一定有促使你从山底向上攀登的某种东西。"

我们当中有人说这山有点象在"大峡谷"，经常遇到那种"反登山"的奇景。人们乘火车到了这里，一下火车就是广阔而荒凉的高原边缘，再得下行六千英尺到达科罗拉多河，然后又爬上来，到火车上。这确实是为什么把那地方称之为峡谷，而不称为山的原因。这样谈论着，头两个小时不知不觉地过去了。但是，我仍记得，夏天攀登不到两三个小时的

路程，在目前的环境中，就得花费六个甚至七个小时。当我们来到最困难的上坡地段时，天色已完全漆黑了。我走在前面，玻尔跟在后面，打着灯笼的弗里德利希和柯利斯坦、布劳赫依次相随。我们的足迹深深地嵌进雪中，很容易看出，只在雪浅的地方这些脚印才被风盖没。当我发现雪花仍然如此蓬松的时候，我发起愁来；玻尔也开始有些疲劳，于是我们就放慢了速度。现在已是十点钟了，我盘算着，再有一小时我们有可能到达避风站。

当我们通过一段很滑的斜坡的时候，发生了很奇怪的事情：突然之间，我感到好象游泳一样，对自己的行动，完全失去了控制，接着，有什么东西从四面八方向我猛烈地压过来，一瞬间，我连气也喘不过来。幸亏我的头还留在雪堆的外面，过了几秒钟，我活动了一下自己的胳膊。向周围环顾了一下，天空一片漆黑，也没有看见我的朋友。我就喊叫"玻尔"，可是没有人答应。过了一会儿，我想他们也被雪埋住了，于是，我就全力用雪橇把雪挖出去，经过这样的挣扎之后，我认出了很远地方的灯光。我就使尽全力喊叫，这次没有落空，终于得到了弗里德利希的回答。这时我才恍然大悟，原来雪崩已把我推了很长一段路程，其他所有的人都幸免了。现在，沿着灯光的方向我挖开一条路。于是，我们就极其谨慎地继续前进了。我们于十一点钟到达避风站，决定当天夜里不再去冒险爬山了。我们经过适当地休息，于第二天一大早，在迷茫的暗蓝天色下的白雪中，经过长途跋涉的辛劳，终于到达了我们的棚屋。

我们被这次爬山及雪崩的惊吓，弄得狼狈不堪。这一天就休整一下。我们收拾屋顶，清扫屋顶的积雪，观赏太阳，讨论原子物理学的新近发展。玻尔手边有一张从加里福尼亚

州带来的云雾室照片，很快引起了我们对它的兴趣，展开了热烈的讨论。争论集中在前几年狄拉克提出的、与他的相对论电子理论研究的有关问题上。根据与当时从实验得出的这种理论相符的数字可以推断：对于负电子来说，还必定存在着一种带正电的对应粒子。开始，狄拉克想把这种假设的粒子看成是质子，即氢原子的原子核。但是，大多数物理学家反对这样的假定，因为已有充分的证据表明，这种带正电的粒子和电子具有相同的质量，而我们已知道质子的质量大约是电子质量的二千倍。再者，可以说这种假设的粒子，与通常物质的行为大不相同，它与通常的电子相遇，就意味着两者转化为射线（因此，今天我们把它称之为"反物质"）。

现在，玻尔的云室照片，似乎恰好证明了这种粒子的存在。这张照片还表明，水汽的径迹显然是从顶盖上部飞来的粒子所产生的，这种粒子穿过铅板，在它的另一侧留下了较长的径迹。把云雾室放在强磁场中，使粒子的径迹发生了弯曲，路径上水汽的密度准确地符合于电子所要求的密度。若是粒子确实是从顶端方向飞来的话，那末这种弯曲便提供了正电荷存在的证据。现在，这种方向应当根据铅板上部的曲率要比铅板下部的曲率小这一事实来判断。我们现在详细地讨论这些结论是不是必然正确的。我们大家认识到，这种回答是有决定意义的。

在我们查找了有时候可能出现的实验差错之后，我对玻尔说："这一讨论从头至尾没有一个人提到量子理论，不是很奇怪的吗？我们把带电粒子看成是一种象带电油滴一样的客体，看成是象旧式验电器中木蕊球一样的客体。我们不加思索就使用古典物理学的概念，似乎我们从没有听到过这些概念和测不准关系的界限，这不是就导致错误了吗？"

玻尔解释说："不，完全不会。这种看法毕竟接近于一种实验的本质，而该实验的观察是可以用古典物理学的概念来描述的。你说的那种说法完全是量子力学的奇谈怪论。一方面我们建立了那些不同于古典物理学的原理，另一方面又用古典物理学的概念随时随地进行观察、或者作出测量或者拍摄照片。我们之所以非得这样做，当我们这样说和这样做的时候，是因为我们被迫运用了语言把自己的结果转达给别人。一种测量仪器，只有用它所进行的观测，能使我们在观测现象上获得无歧义的结论，并使一种严格的因果关系可以假定为存在时，它才是一种测量仪器。在对一种原子现象进行理论描述的时候，我们应当在现象和观测，或现象和观测仪器之间作出区分。分界线的选择可能是主观的，但是，在观测的这一分界面上，我被迫要使用古典物理学的语言。原因很简单，因为我没有表达观测结果的其他语言。我们知道，这种语言的概念是不精确的，在应用的范围上有一定的局限性，可是我们没有别的语言，因此，它至少能帮助我们间接地把握这些现象。"

布劳赫不赞成，他说："我们一旦更好地理解了量子理论，就可能不需要古典的概念，而用一种新的语言，比今天我们说明原子现象更加精确，这难道是不可能的吗？"

"你对这个问题理解错了"，玻尔解释说，"科学就是对现象的观测，就是和其他人对这些观察结果的交流，而那些人也需要对这些结果进行检验。只有当我们在客观地或有规律地发生的事情上，取得一致看法时，我们才有了理解的基础。这些观测和交流的全过程，要用古典物理学的概念工具来表达。云雾室是一种测量仪器，它意味着，要我们根据这种照片去判断有一个带正电的、与电子特性相同的粒子穿过

了云雾室。当然，我们假定测量仪器放置很稳当，牢牢地固定在桌子上，照像机装置得很坚固，以致在拍照的时候不发生振动，镜头也正好把光聚在焦点上，等等。换一句话说，我们必须确定在古典物理学所规定的严格条件下的演示实验。我们用来表达测量的语言，同我们表达日常生活经验的语言，基本上具有相同的结构，这是科学的基本前提之一。我们已研究过，这种语言对于交流和表达，是一种不适当的工具，但是，即使这样，这种语言仍是一切科学的前提。

正当我们继续在房顶上晒太阳，从事于物理学和哲学讨论的时候，柯利斯坦决定探讨一下与棚屋直接有关的事情。他带回来一部毁坏的风车，这是我的一些青年运动的朋友们在先前停留时想要建成的东西，也许可以用来测定风速和风向，也许纯粹是闹着玩。

我们决定立即制作新的更好的风车。玻尔、布劳赫和我从一堆木料中各制作一个风轮，布劳赫和我都想尽快地做成精巧的水轮机的模样，即螺旋桨推进器。玻尔拿了一块方木板，锯成两个互相垂直的平面。我们发现，我们“理想”的推进器，机械性能并不好，在风里不能很好地旋转，而玻尔的简单装置却做得很好，稍有点风就转了。

“你们这些先生们还是很有志向的”，这是玻尔对我们工作的全部评价。当然，他自己在清晰而精湛的技巧上，并不缺少志向，这种技巧有时偶然反映了他对古典物理学的全部见解。

那天晚上，我们打扑克牌。当然，我们可以听到用一架蹩脚的手摇唱机，播放存放在棚屋里糟透的流行音乐的唱片，我们对这类音乐的兴趣不大。我们的扑克牌比赛，却是相当滑稽的。我们押上赌注，就大喊大叫，互相虚张声势，

称赞不已。玻尔把这种情况说成是对哲学有关语言含义的放肆行径。

他说："在这种游戏中，我们所使用的语言，与在我们科学中使用的语言大不相同，这是一目了然的。开始，我们与其说拿出了真正的事实，还不如说我们隐蔽了真正的事实。虚张声势是这种游戏的一部分。我们怎样隐蔽真正的事实呢？语言可以向别人传送一些图景，它有助于驱散由非想象的认识中获得的思想，以及由它所引起的他的错误行为。然而是哪些因素决定这些图景能否以强烈的刺激对别人产生冲击呢？诚然不是我们声音的强度。这恐怕是过于简单化的一种看法，也不是一个熟练的售货员通常可以使用的信条。因为我们当中没有人习惯于使用这种作法，也很难想象，我们谁还将按照这种作法去加以理解。大概我们的使别人信服的能力，取决于我们能够信服自己想象力的程度。"

这一观点在我们的游戏中却得到了意想不到的证据。玻尔大声地坚持说，他正拿着一付同花大顺。他不断地增加赌注，这时候，我们其余的人都亮了牌，不敢跟了。结果，玻尔赢了一大笔赌注。当游戏结束的时候，他自信地向我们出示了第五张牌，翻过来一看，它们却并没有构成同花大顺，当时他自己也弄错了。他把红桃十误作了方块十。因此，他的要价纯粹是虚张声势。这使我想起了我们在莱比锡散步的时候，他的关于理性的力量通过这个时代形成人们思想的见解。

我们的棚屋变得很冷了，甚至烈酒和扑克牌游戏给我们增添的生气，对于我们摆脱寒冷的事实也毫无用处。于是，我们都钻进了被窝，床上铺了草垫。在寂静的夜里，我的思想又转向玻尔的云室照片。狄拉克所预言的正电子真正是存

在的吗？如果是这样的话，它的后果是什么呢？我对这些问题想得愈多，就愈强烈地被一种感情所困绕，当一个人被迫要改变他自己基本观点的时候，这种观点总要缠住他不放。在过去的年代里，我一直在研究原子核的结构。查德威克发现中子，提出原子核是由质子和中子构成的，它们被强大的尚未发现的作用力共同结合着。那好象是十足的似是而非。进而假定，原子核中没有附加电子，那好象是更加成问题的。有一些朋友对我提出的这种观点，作了很尖锐的批评。他们说："在β衰变中，你毕竟可以看见飞离原子核的电子。"然而，我已想象到，原子核自身是由一种质子和一种电子构成的，电子是不会比质子大的，即使我们还没有搞清楚它的原因。当我们把一个质子换成一个中子时，新近发现的、用来把原子核相互结合在一起的作用力，似乎是不变的。用两个重粒子之间交换一个电子而获得内聚力的假设，可以部分地解释这种对称的相互作用。但是，这一图景有两个较大的漏洞。首先，没确凿的理由来解释，为什么不存在同样强大的作用力把质子和质子束缚在一起，或把中子和中子束缚在一起。其次，除了较小的电子作出的贡献外，为什么不能解释这两种力的表现是相同的。但是，从经验上来看，中子很象质子，我们似乎没有什么理由，把一个看成是单一的，把另一个看成是复合的。

即使狄拉克的带正电的电子（现在我们把它称之为正电子），确实是存在的，那么我们就得面临着一种全新的情况：现在，可以把这种质子想象成是由一个中子和一个正电子构成的，完全恢复了质子和中子之间的对称性。但是，在这种情况下，电子或正电子都包含在原子核中的论断还有什么意义呢？作为狄拉克论断的正负电子结合变成射线的反过程，

难道它们不能从能量中产生出来吗？如果可以把能量转化为正负电子对而且反之亦然，那么我们又要问，究竟有多少粒子进入原子核呢？到目前为止，我们总是相信德谟克利特所概括的“粒子是本原”的学说。我们已假定，可见的物质是由很小的单位构成的，只要我们把这些单位分割到一定的程度，我们就会得到一些最小的单位，德谟克利特把它称之为“原子”，而现代物理学家把它称之为“基本粒子”。然而这种深入的探讨也许是搞错了，似乎并不存在象不可分割的粒子一样的东西；物质能够一步步地分割，直到最后也许它不再是一个粒子的真实部分，而是进入物质的能量的改变，而这一部分比起分离出它的原来的整体不一定更小了。那么，这里的本原是什么呢？是物理定律、数学、对称性吗？本原是对称性！这听起来象柏拉图的《蒂迈欧篇》上说的，于是我想起了一九一九年的夏天，我在教室房顶度过那天的情景。如果云室照片中的粒子，确实是狄拉克的正电子，那就打开了一个广阔的新领域，而且我已看出了一些我们应当推进这个新领域的道路。我一直这样沉思着，好容易才睡着了。

次日早晨，天色又晴朗了。早饭后，我们穿上滑雪板，爬上赫米尔莫斯山坡，到达一个小湖，又越过一座山梁，进入格罗塞村后面一条很长的峡谷，然后再从那里返回我们的山顶。在滑到东边山顶上的时候，我们突然目击到一种奇异的气象光学的现象。从北边吹来的微风，带来了一股稀薄的被阳光照得发亮的雾气。在雾气中我们可以看到自己的身影，却被一种明亮的光环所包围着的我们每个人投射的影子，玻尔对于这种不平常的景致，似乎感到特别高兴，他说，他从前听人说过这种景象。人们告诉他，这可能是晕的来源，古人就用这种晕来装饰圣人的头像。过了一瞬他又加

了一句："只能在我们自己身影的周围我们才能看见晕，这也许是独特的。"大家以极大的喜悦倾听这种见解，还对这种评论本身引起了相当多的评论。这时，我们接着以很大的速度滑向棚屋。布劳赫和我的心情尤其急切，以致当我驰入险峻斜坡的时候，由于我的狂热行动，造成了另一次雪崩。幸好我们都在雪崩的上面，虽然行进的距离相当长，我们大家还是安全地回到住地。现在，我们的工作是做饭。自愿生火的玻尔和我在厨房里坐下，其他人在房顶上晒太阳。利用这个机会，我们俩继续进行我们先前的谈话。

我说："你对这种晕的解释，是最有说服力的，至少作为部分真理我打算接受。但是，在过于激进的维也纳小组的实证主义的文章中，我一度唯一能感到自慰的是，我把这种实证主义的观点推进了一步。但是，实证主义者关于每一个词语具有一种清晰含义的主张，以及在任何别的方面滥用词语，是非常不恰当的观点，就象臭名昭著的谬论一样刺激着我。为此，我曾写过，当我们说一个伟大人物无论在他走过的什么地方放射着光芒的时候，大家都知道这意味着什么。我虽认为这种光是不能用光度计来测量的，但是，仍就如同实在的光线一样，当然，我决不会使用"光"这个词的物理含义，而且还要反驳把"光"作为纯粹推导的其它含义。因此，它很可能是圣人的光，而不是那种我们刚才观察到的启示画家灵感的奇妙现象。"

玻尔告诉我："我准备充分地接受它，和你的考虑相比，我则更多地赞同。当然，语言具有一种奇妙的富于变化的特征，我决不会精确地知道一个词语的含义是什么。在我们系统地说明词语的环境中，在无数的辅助因素中，词语的含义取决于我们把它共同结合成语句的方式。如果你读一下美国

哲学家W·伽莫斯的著作，你就会发现，他已经十分准确地阐述过这个问题。他说，虽然我们的头脑好象可以理解我们所听到、说到一个词语的最重要的意思，而其它的含义仅仅在更隐蔽的地方出现，与不同的概念相联系，并扩展为意识。那是随着日常谈话和诗的语言迸发而发生的。在较小范围，词语也应用于科学的语言，特别是在原子物理学的范围，自然界已教训我们，我们最确信的一些概念，有着一种严格的应用限制，你只要想一下位置和速度就可以了。

"尽管完全如此，当亚里斯多德和古希腊人发现可以把语言理想化，并作出足够精确的逻辑演绎的时候，他们还是向前迈出了一大步。自然，这种语言比日常的语言要狭窄得多，但是，它在自然科学中的价值是难以估量的。

"实证主义者强调精确语言的重要性，告诫我们，语言一旦离开了逻辑的严密性，就会变得毫无意义，这是完全对的。可是，他们大概没有看到这样的事实：在科学中我们最多可以设法接近这种理想，通常决不会达到这种理想。因为我们用以描述实验的语言，包含着我们不能精确确定其范围的概念。一个人当然可以说，我们理论物理学家用以描述自然界的数学方程，应当具有这种高度的逻辑纯粹性和严密性。然而，整个问题一旦正好从不同的方式提出来，我们就想把这些方程应用于自然界。因为我们若要完全说明自然界任何事物，我们就必须设法把数学转变为日常的语言。除此而外，科学还能做些什么呢？"

我评论说："实证主义者似乎把自己的矛头对准了形而上学，特别是对准了宗教的形而上学。对于实证主义来说，宗教的辩解是没有什么内容的，是对语言分析不能成立的假问题，因而也是毫无意义的。假如从局部来看，你认为他们是

对的吗？”

玻尔解释说：“他们的批评必须包含着很多成分的真理，我们可以从中学到很多东西。我站在对此很少怀疑的立场上，不反对实证主义。但是，从原则上讲，有充足的理由使我担心，在科学中有不少事情并不是弄得那么好的。我们用一种夸张的方式表达这个问题吧：在宗教中，我们否认会从外部带给词语一种无歧义含义的愿望；而在科学中我们开始于希望，如果你喜欢的话，或者就用想象，而一天之内就可能恰好解决词义问题。尽管如此，我们从实证主义那里还可以学到很多东西。例如，当我们谈论生活的含义时，我们不能看到人们的头脑中有什么东西。“含义”这个词毕竟归结为主体或客体与某种事物，如一种动机、一种观念或一个计划之间的一种联系。当这种含义用于生活（这里，我指用于整个生活，即我们所感知到的世界）的时候，我们还能够把它归结为什么东西呢？”

“但是，当我们说到生活的‘含义’时，我们不至于不知道我们所指的东西吧！”我表示反对。“生活的含义依赖于我们自己。我想这种表达涉及到我们形成自己生活的方式，我们在生活中使这种表达适应于一个广泛的内容；也许这种表达只是一种想象、原则、信念，而且还有某些我们可以充分理解的东西。”

玻尔沉思了一会儿，接着说：“不，生活的含义是简单的：在生活没有意义的说法中它是没有含义的。我们对理解的探索好象是一口没有底的井。”

“可是，你不是使现实同语言过于僵化了吗？你知道，中国古代的圣贤们提出了居全部哲学之首的‘道’，而‘道’通常是作为‘意义’来解释的。中国的圣贤们大概不会反对把

'道'和'生活'这两个词联系起来吧。"

"如果你对'含义'这一术语给了这样广泛的定义，则任何事情是可能发生的。可是，我们当中是没有人可以确切地说出如何使用'道'这个词语的。因为你一直在谈论中国的哲学家和生活这个词，我仍需要说明我所喜爱的三个圣贤的古代传奇，要他们描述醋的味道。我也许应当加一句，中国人把醋叫做'生活之水'。第一个哲学家说，'醋是酸的'，第二个说，'醋是苦的'，第三个不是别人，而恰恰是老子说，'醋是清凉的'。"

这时，弗里德利希正好进到厨房里来问道，什么时候他以"神的名义"送上食品。我告诉了他，如果他叫了别人，就去拿出铝盘和餐具，我们马上开始吃东西。我们坐在桌子周围，旧格言"饥饿是最好的烹调"证实了我的信条。在吃饭之后，我们安排一下各人的职责：玻尔洗刷餐具，我清理炉灶，其他人劈柴或收拾棚屋。不用说我们简陋的厨房还需要叫一个卫生检查员督促到底。玻尔说"我们洗餐具恰恰就象是我们的语言，我们已弄脏了水和抹布，我们又把盘子和玻璃杯处理干净了。在语言中，我们的表达伴有模糊的概念和一种由未知的方式所限制着范围的形式逻辑。我们要运用语言，也就把一些明晰性带进了我们对自然界的理解。"

在后来的几天里，天气果然是多变的，我们继续作了许多旅行，有长途的，也有短途的。我们登上了特里茵肖赫山，在安特尔贝格——阿尔木训练坡练习滑雪。我们围绕语言问题再次谈论起来。这此之前，弗里德利希和我在一个下午曾想给一群小羚羊抢拍镜头。由于靠得太近我们失败了，我赞叹动物的本能可以察觉到最微弱的声响、雪里仅有的足迹、树枝沙沙声或淡淡的气味，并以此作出逃避的反应。这给玻尔

关于智能和本能之间的区别的专题文章，提供了根据。这时玻尔说：

“这些小羚羊大概只是从你那里成功地溜掉了，因为它们事先没有想过，也没有商量出逃避你的最好办法。为了在山地获得安全，它们的各个器官都专门化了。毫无疑问，自然选择会帮助物种发展机体的功能，并使之趋于完善。但是，这一结果将迫使它们在个体的生活方式方面进行生存竞争。如果外界的条件发生了很大的变化，那么它们就不可能长时间使自己适应环境。而将逐步灭绝。有一些鱼类，它能产生一些电脉冲，来防御自己的敌人。还有一些鱼类，它的外表完全能够适应在沙子中生活，以至于可以完全消失在海底，从而戏弄所有的侵犯者。我们人类所具有的专门化，却已走上了不同的道路。能使我们思考和讲话的神经系统，可以看成是一种比其他动物能更深远地探测到时空范围的器官。我们可以回忆往事，大致地预言未来的事件。我们还可以想象遥远空间里发生了什么。我们还可以运用别人的经验。所以，我们已变得比其他动物具有更大的灵活性和适应性，就这个意义上，可以说人向着灵活性专门化了。这种思维和语言的发展，或广义地说这种智能的优势，很自然地已导致了对我们本能反应的一种障碍。因此，在这一方面人比动物要低等一些。人没有锐敏的嗅觉，也不能象小羚羊那样用四脚跳过崖壁。但是，人的这些不是之处，则由于能进入更大的时空范围而得到补偿。这里，语言的发展大概是决定性的步骤。因为用以进行思维的言语，同身体的所有其它功能相比较，不是在个体内部，而是在个体之间发展的一种能力。我们从别人那里学习言语。其实语言是在人们之间铺开的一种网，而我们的思想和知识都不可避免地织在这个网上。

我插话说："如果你听到一个实证主义者或逻辑学家谈论语言，那么你就会得到这样的印象：语言的形式和表达能力，可以完全不顾进化和生物学先例地加以处理和分析。正象你刚才说的那样，如果有人对比一下智能和本能，那么就可以想象得到，智能和语言的不同形式可以在不同的世人中显示出来。事实上，不同语言的语法很有差异，语法上的差别也许可以导致逻辑上的差异。"

玻尔解释说："言语和思想具有不同的形式，自然这是可能的，正象有不同的民族，或有一种有机体的不同群落一样。但是，和所有的生物机体是按照相同的自然规律、从大致相同的大量化合物构成的几乎一样，这种逻辑的各种可能性，大概都依赖于基本的形式。这种形式既不是人造的，甚至也不是依赖于人的。这些形式应当在语言发展的选择性上起决定性的作用，而不可能是语言唯一的后果。

弗里德利希提议说："我们还是回到小羚羊和我们自己之间的区别上来吧。依我看，你们正在争论的，是智能和本能互相排斥的问题。简单地说，你们的意思难道是，自然选择过程偏爱一种发展而牺牲了其他发展，或者这一过程是你所考虑的一种相当完善的关系，在这种关系中一种发展就不能同其它发展共存吗？"

"我只是相信，发现世界上一种发展的这两个方面，是根本不相同的。但是，不说也明白，人的许多行动还是取决于本能的。当我们用外貌和表情来判断别人，或用智慧和谈话能力来武装我们的头脑的时候，我们既很象是由本能起作用，又很象是由经验起作用。"

在这次谈话之际，我们当中有人开始收拾棚屋里的东西，在几天之内我们的假日就要结束了。玻尔已开始刮胡子。他

活象一个挪威的木材商人，在森林的深处穿来走去。他使人感到惊奇的是从镜子里看，剃刀在不多几分钟之内竟然把他如此还原成一位物理学教授。“我想要知道，假如一只猫在修面之后，是否也会显得聪明一些。”现在，他看着我默不作声了。

那天晚上，我们又玩扑克牌。因为言语或者装腔作势在我们游戏的表演中，起了如此大的作用，玻尔便提醒我们除了扑克牌在所有事情上都试一试。由于我们当中没有人能比得上布劳赫和柯利斯坦能说会道，玻尔押了牌，看样子布劳赫和柯利斯坦要赢了。做了这种尝试，但没有使牌打成功，于是，玻尔说：“我的提醒大概出于对语言的重要性估计过高了；要促使语言依赖于同现实性的联系。在实际的扑克游戏中，一个人摆弄着实际的纸牌。在这种情况下，我们可以带着我们所能鼓足勇气的很大乐观主义和说服力，运用语言去“改善”这种现实的方面。但是，如果我们开始全然没有一点现实性，那么就很难把可信的暗示变成现实。”

当我们的假日过去的时候，我们抄近路西行进入贝里斯塞尔和兰德尔之间的峡谷。天气暖和而晴朗，在雪线以下的地方，生长在树林和草地之间的花丛里的植物，是遍地的黄色樱草。因为我们的行李沉重，我们向店主人租用了两匹马和一辆旧大车。我们试想忘掉我们正在返回一个充满政治动乱的世界。当我们登上火车，驰向巴利亚的春天的时候，天空如同我们两个年青伙伴弗里德利希和柯利斯坦的面容一样明亮。

第十二章

革命和大学生活

（一九三三年）

一九三三年夏初，当我回到莱比锡研究所的时候，腐败之风已开始蔓延了。我的几个最有才华的同事已离开德国，其他人正准备出走。甚至我最得力的助手布劳赫也决定移居国外，连我自己也开始感到疑虑，继续留下来是否还有什么意义。从这时痛苦的感觉中，使我回想起两次印象特别深刻的谈话：一次是同一个“国家社会主义”的青年学生的谈话；另一次是同普朗克的谈话。

那时，我住在研究所最上层的一间小阁楼里。搬进去以后，我有幸从莱比锡的布鲁特纳那里得到了一架大钢琴，而且差不多每天晚上都要弹琴，有时自己弹，有时同爱好音乐的朋友们一起弹。此外，我还向音乐学院的钢琴师贝尔兹请教，这样一来，有时中午也就练起来。

一天下午，我练了一小时的舒茨曼A 调协奏曲，刚离开房间，在通往研究所的过道里，发现走廊的窗边有一个青年人。以前我在课堂上就已注意到这个身穿咖啡色制服的青年人。现在，他显露出苦闷的神色，于是，我就问他愿不愿意给我讲一讲。

他相当害羞地说，没有什么，他仅仅是在听我的音乐。

但由于我已问了他，他就说，如果能请教我几个问题，他将是非常感激的。于是，我就把他领进我的住室，在这里，他开始倾诉自己的心思。

“我回顾了您的讲课，我所懂得的很多东西，可以说是从您那里学到的。可是，我们和您根本就没有什么接触。我不止一次地听到您的演奏。平时，我没有多少机会听音乐。我还知道，您曾和我一样，是一个青年运动的成员。但是，现在您决不会恢复青年协会，这是否由于国家社会主义学生协会、希特勒的青年团或其他什么人冲击了这个协会。我自己是一个希特勒青年团的领导者，我非常愿意把您看作是我们协会的一个成员。但是，您的行动却使您象那些保守的老教授一模一样，他们完全以过去的方式生活，对于他们，如果不诅咒的话，新德国也是异国他乡。我简直无法想象，作为青年人，象您一样爱好音乐的人们，对于青年人，对于我们当中那些急于要建设一个美好的德国而有所作为的青年人，却表现得如此缺乏同情心。我们全然需要很有经验的人，需要在伟大的重建工作中准备帮助我们的人。也许您反对很多正在发生的丑事，反对迫害和开除许多无辜的人们。但是，请相信我，我自己也同您的感觉一样，对于这种凶残深恶痛绝。我相信我的朋友们也没有人去参与这种事情。想要阻止人们在一次伟大的革命之后所迸发的强烈激情，阻止代时车轮的前进，似乎是完全不可能的。我们仅仅希望，在一个短暂时期之后，将会把这些恶习都抛掉。为什么我们需要同一切比较明智地进行建设的人们合作，例如，同能够用很多理想激发青年运动来帮助我们的人们合作，这是很明白的了。难道您不会告诉我，您为什么要和我们保持一定的距离呢？”

“如果这仅仅是一个参加青年学生行列，为我所确信的正义事业而尽力的问题，那么，我完全可以在言论和行动方面提供我的支持。然而，现在已把这样多的人推上舞台，几个学生和教授的观点，就很难有什么关系。而且，这次革命的领导人造成了非常确定的情况，国家何以将其置若罔闻：那些人继续在所谓知识分子身上倾注藐视，在那些比你们的新统治者们表现出更伟大批判眼光的所有人身上倾注藐视，你能真的相信你们是在正确的道路上向一个美好的德国前进吗？当然，我不否认这里有你个人所要达到的各种志向，但是，就整体而言，我们所能说的一切必然是，旧的德国正在消亡，不平等笼罩着我们周围的一切，任何事情都是空的，不过是一种单相思。如果你单是想要给现存的不平，去修补点什么东西的话，那么我会尽一切方式给你们以帮助。可是，今天所发生的是一些完全不同的情况。你应当认识到，正当德国在崩溃的时候，我不能帮助你们。这和前面的道理一样简单。”

“现在，您确实是不公正的。您不会服服帖帖地承认，用不大的改革还能够拯救德国。自从一九一八年以来，情况已变得越来越坏。诚然，我们失败于那场战争，我们先前的敌人是更强大了，我们应当总结自己的经验教训。但是，实际的情况怎么样呢？夜总会和法国式的餐厅到处盛行起来了，所有为此而显得焦急的人，以及所有为此已作出努力或牺牲的人，受到了取笑和嘲弄。他们说，‘当能使你自己高兴的时候，为什么要浪费时间呢？那场战争是失败了，可是总还有香酒和美女嘛’。在商业生活中决不象从前那样，贪污腐化是个通病。当政府发行短期货币的时候，由于要提供赔款，普通人民由于要纳税已变得更加贫困，政府只是简单地

印发更多的钞票。为什么不改变一下呢？当许多老弱者被敲榨去仅有的几分钱而被饿死的时候，这种事实似乎没有人着急。政府是很有钱的，富人越富，穷人就越穷。你也承认，琼斯被卷入了一些最卑劣的丑闻之中。”

“这难道就给你们把琼斯看作是人类的特殊人物的权利，可以用无赖的办法对待这些人，从而把一大批卓越的人物也赶出德国吗？你们为什么不能把那些人放在惩罚犯罪之列，而不去考虑宗教或者种族的原因呢？”

“简单地说，这种事情是不会发生的。因为很久以来，法制已变成了政治的法制，变成了维护腐朽地位和权力、保护统治阶级和把别人引向地狱的工具，看上去恰似当权者习惯于对于一些无耻的骗子给予软弱的判决。这种腐朽的风气在其他许多地方也同样出现。在艺术展览中，把最无聊的废话，最肮脏的淫乱，当作伟大的艺术而公开兜售，如果街上的人们不感到惊奇，那就可以告诉他，‘你不能简单地理解这种艺术；你实在太愚昧了’。国家曾经为穷人担过忧吗？他们拥有全部优良的社会研究院，也不能保证一个人免于饥饿。难道国家真的可以给穷人很多钱维持他们的生活，而后又把他们忘掉了吗？因此，你应当承认，我们正在做的事情是多么好啊。我们同工人们坐在一起，和在同样的纳粹冲锋队员班组里的人们在一起进行操练，我们为穷人收集食品和衣服，在示威游行中同他们并肩地前进，我感到工人们是欢迎我们的，这到底是不是一种进步呢？在过去的十四年期间，人人都在为自己的钱袋而工作着。只有在紧要的事情上需要有利的地位、有着更大的乞求的时候，他才把自己装扮得比邻居好一些。德意志帝国国会的议员，仅仅是在为他们的党捞取最大的物质利益。每一个人把别人说得如何贪婪的

时候，不过是想把自己变得更贪婪一些。在那种情况下，普通的美德全都轻易地被忘掉了。当他们争吵的时候，拳头和墨水瓶就在房间飞舞起来。我们必须结束这种局面，没有人会为此而责备我们。”

“一九一九年德国人所面临的迫切问题，首先是如何学会管理自己，要使他们尊重别人的权利是很不容易的，而那些一旦当权的人就会不再运用他们的权力去确保法制和公正待人。这些问题您考虑过了吗？”

“那时的情况很可能是这样。可是，在那些方面学习管理自己有十四年了，而现在许多事情是搞糟了，而不是搞好了。如果我们德国人继续在国内互相争斗和互相欺骗的话，那么我们对于发现我们在外部世界将很快失去的东西，却很少注意到一直是为我们所有的，而且还试图常常贬低我们，就确实不会感到吃惊了。“国家同盟”坚持宣传自己的决心，而没有一个人费心去问南方的泰诺尔人是否愿意归属于意大利的一部分。当外国人叫喊着安全和裁军的时候，他们所指的实际上是德国的裁军和他们自己国家的安全。您确实不应当责备我们青年人，因为混乱掩盖了所有这些事实，您的确应当为他们看清了这些事实而感到高兴。”

“你的确相信希特勒还是个正直人吗？”

“我可以看出，就您的爱憎来看，希特勒还有许多粗暴的地方。但是，他正在向普通群众讲话，而且他所用的是群众的语言。我虽然不能说明他比别人更正直一些，但是，您很快地就会认识到，他是有很多成就的。您将会看到，德国的旧政敌对于希特勒所做出的让步，要比他们对希特勒的前辈做的让步更大。原因很明白，如果他们从现在起还要坚持他们的错误路线的话，他们就会成为牺牲品。可以看到，过去

当德国政府屈服于外部很小压力的时候，许多事情对他们来说是非常轻而易举的。”

“即使你在这一点上是对的，我也不愿意把一种逼迫别人的退却，称之为你们青年运动或希特勒的真正成就。你们的运动所强迫别人作出的每一个让步，将会给德国招致新的敌人，这场战争已教育了我们大家，‘仇敌越多越光荣’这是个愚蠢的口号。”

“您是否想过，德国仍然是一个被所有国家蔑视和嘲弄的民族，是一个甘受一切屈辱并承担上一次战争责任的唯一民族，难道只因为别人这样说了，或者确切地说，所有国家都这样说这样做的时候，我们就毁掉了吗？”

“我们似乎是在用不同的语言讲话，”我想劝他冷静一点，“你大概会允许我解释一下我所真正思考的事情。首先，我已感到象丹麦、瑞典和瑞士这样的国家，即使在过去一百年里没有赢得战争的胜利，尽管也缺少装备精良的军队，还是相处得很好。他们在各大国面前，能够保持自己的个性而蔑视某种依赖性。我们为什么不能为了同样的目标去奋斗呢？你可以提出这样的理由来反对：我们和瑞典或瑞士相比，是一个地域大得多和经济上强大得多的国家，我们在海外的影响必须相应地更大些。但是，我正想看到未来的前途。我们所看到的整个世界的变化，正显示出欧洲中世纪末期所发生的那种变化。在那个时代，尤其是大量制造武器方面，技术的进步使城堡和城镇丧失了它们的政治独立性，或多或少有利于大部队在大范围内推进。一度发生了这种变化：建造昂贵的城墙和护城河成了一种注定的不利条件，而许多小城镇避开了这种不利条件，比起那些依然拥挤在一些砖石后面的城堡来，可以更容易和更快地发挥优势。在我们

的时代，技术还在阔步前进，由于飞机的发明，防御技术已从根本上改变了。因此，又一次出现了结成大规模的政治集团和扩张国界的趋势。如果我们进行裁军，并试图通过经济的渠道同邻国建立友好关系，也许我们将会为国家的安全做出更多的贡献。如果我们重新武装起来，我们大概会鼓励别人同样干，其结果将会减少普遍的安全。加入一个更广泛的政治联盟，完全可以给我们提供更好的保护。我所讲的这些事实仅仅要强调，估量长远政治目标的价值是多么困难。我坚决相信，我们决不应当根据他们的目标来判断政治运动，也不必如此大喊大叫地宣传和如此虔诚地拥护，而只需根据他们所使用的手段，来识别他们的目标。现在，就手段而论，你们国家社会主义与共产主义是不同的。两种运动的领导人对于自己理想的说服力，已明显地失去了信心。因此，两者给我留下的无法改变的预料中的事实是，我不安地确信，两者会给德国降下灾难。”

“可是您承认，您所谓的‘善良的手段’并没有实现什么任务，青年运动没有组织游行，没有敲碎窗户，没有和自己的敌手打起来。它仅仅是根据人的榜样来确定一个新的更好的目标。否则它还能完成什么任务呢？”

“在政治范围内也许没有什么事情可做，但是，从青年运动的传统来看，有一些文化的成就，你只要想一下公众的教育、技艺、巴赫、古典音乐的复兴、合唱队以及业余演出就可以了。你难道没有想过，这也是一种有价值的工作吗？

“也许想过。我不希望轻看其中的任何一次，而且为了做到所有这些，我确实是充分考虑过的。然而，德国还需要从内部腐败的状态下获得政治的解放，用善良的愿望是不能完成这种解放的。这未必意味着我们现在应当坐在旁边，什

么事情也干不了。您批评我们，是因为我们追随着一个你认为粗暴的人，追随着一个你不赞成他的方法的人。我还想到，反犹太主义是我们运动的最令人不愉快的一个方面，我希望很快地停止这种作法。可是，有哪些老学校的教授以及现在解释我们革命的老教授，试图给我们年轻人说出一条好的途径，使我们沿着一条宽广的道路去实现自己的目标呢？他们当中没有一个人告诉我们如何去摆脱自己的困境。您还在保持沉默。我们在这样的条件下，还能够做些什么呢？”

“这样，你们在去诉诸暴力，去造成一次革命，这种错误的信念是，破坏的结果是有好处的。你知道J·布尔克哈德说过关于革命后果的一些事情吗？‘没有同主要敌人干到底的革命，是多么的幸运’，为什么我们德国人将会有这种特殊的幸运呢？我们老一代人、包括现在我自己在内的老一代人，不能给你们提出忠告的原因，简单说来就是，除了大家尽自己的努力，实实在在和大大方方地做好本份的工作，以作出很平凡的劝告之外，除了希望用自己的表率想产生一些好的结局之外，我们再也没有什么忠告可以提出来了。”

“换一种说法，你们所要求的只不过是墨守陈规，维护旧的事物。既然你们不赞成一切变革，因而青年人才以急切的心情渴望着迎头赶上。如果你们已选择了那种道路，那就不会出现什么新事物。你们也看到，提出革命性的思想，也适用于你们的科学。相对论和量子论对于以前已经完成的理论，毕竟表现了基本的否定。”

“倘若我们是在讨论科学中的革命，那么我们就应当更细心地寻找究竟发生了什么事情。就拿普朗克的量子论来说，毫无疑问，你懂得，当他第一次提出这个论题的时候，从任何重要的方面都不要求改变古典物理学。他只要求解决

一个特殊问题，即著名的黑体辐射的能量分布问题。他想用所有的物理经验定律来作出这样的证实，而多年的工作使他认识到，这是不可能的。只有在这个时候，他才提出了一种不适合于古典物理学框架的假设，甚至那时他企图在古典物理学中增加条件的办法来堵塞这种漏洞，那已证明是不可能的。普朗克假设的后果完全导致了全部物理学的根本改造。但是，从那以后，甚至物理学中那些可以用古典物理学概念描述的领域，依然是很稳固的。换句话说，只有科学上的革命，才证明那些有成效的和有益的革命鼓动者，只要有一点可能，就想加以变革，并把他们自己局限于解决一种细节和清楚地解释某个问题。任何造成彻底抛弃一切事物和随便改变一切事物的企图，都会带来极大的混乱。在科学中，只有象他那种主张可以发明一种永动机的狂热的入迷者，才企图推翻一切事物。不需多说，所有这些企图都是毫无结果的。诚然，我不知道科学革命和社会革命是否可以作比较，但是，我总怀疑那些历史上最永恒和最成功的革命，是由几个人所设计，为了明白而确定的问题服务的，而这些问题其他人是漠不关心的。想到二千多年前那次伟大革命的制造者说过："我没有想到要摧毁法律，……而是要充实法律。"让我再这样重复一下：把自己限定在单一的重要的目标上，尽可能少改变其他人，这是多么要紧的事。我们有所变革的这一小部分人，完全可以具有如此巨大的改造力量，以致影响到生活的一切方式，除非在我们这部分人身上不费任何力气。"

"可是，你们为什么要如此坚决地维护旧的生活方式呢？他们跟不上时代的步伐，而且仅仅由于一种惰性而得救，这种情况确实发生得过于多了。为什么不能把它们驱散呢？例如，我觉得我们的教授在公职活动中，还一直穿着中

世纪的长袍，显得很荒唐。这确实是一种应当抛弃的古老残迹。”

“我没有过多地参加他们所支持的那种古老的仪式，这不必多说。让我用物理学当中一个典型的事例，把这件事解释一下。古典物理学的公式表达了一些丰富的经验知识，它不仅在过去是正确的，而且在将来任何时候也是正确的。量子力学理论仅仅对这种丰富的知识，给出了一种不同的形式。但是，就涉及的内容来看，在单摆运动、杠杆原理、行星运动中，是没有什么东西应当加以改变的，因为世界本身对于这些过程是不变的。这就给我们带来了穿衣问题：当人们分化为一些行会的时候，这种古老的服装式样大概又回到了行会的时代，它或许反映了很多更古老的认识，这对于研究人类的人来说是特别重要的。原因很简单，他们的意见是最正确的。这种服装的意义在于象征着当时特殊的环境。甚至当穿这种衣服的人稍稍降低行会标准的时候，一般公众就会用粗暴的攻击来抗议他了。这种经验犹如一百年前一样，今天也必然是真实的；而我主张，我们是否要通过穿衣来显示那时的环境，倒是没有多大关系的。无论怎样，我怀疑那些反对穿学士服装的人们，是否想要否定重新设计这些服装的意义。这将是他们一种无法言语的糊涂。总之，这种事实是不会改变的。”

“您就象反对青年人的轻率，又象老年人习惯于做的那样，再一次赞扬着经验。我们既然不能退一步争论，那就只好把我们的意见收藏起来。”

这位来访者看样子要走了，于是我问他，我是不是可以给他演奏一下卡门协奏曲。这最后的一项活动，在没有管弦乐队伴奏的情况下，也是可以进行的。他似乎是很高兴地站

住了，而当他最后离开的时候，我觉得我们是在一种友好的气氛中分别的。

在这次谈话之后的几个星期内，政治对于大学生活的干涉，变得越来越令人难以容忍了。一个有才华的同事、数学家莱维，按照法律他应当享有查阅战争档案的豁免权，但是突然把他的职权取消了。一些较年青的工作人员，特别是当我想起亨德、邦海弗和数学家冯德维尔登时，愤慨更是非常之大，以至我们考虑提出辞呈，并动员其同事继续去请愿。在作出这些严重的步骤之前，我决定去找一个能给我们充分信心的老人，以便讨论所有这些问题。于是，我就去求见普朗克，这样我就来到柏林的格伦勒维尔德地区他家里拜访他。

普朗克在一间灰暗而和谐、具有古老风度的住室里接见了我。所有完美的图景都已消失了，而在房子中间的桌子上只留下了一盏老式油灯。自从上一次见面以来，普朗克好象是衰老了很多。在他脸庞上刻画着的很细的皱纹，变得更深了。他的微笑似乎是痛苦的，他看起来有点令人可怕的困倦了。

他立刻说："你来想要在政治问题上得到我的忠告，但是，我恐怕再无法忠告你。我看不到有制止大灾难的希望，这种灾难大概会吞没我们许多大学，甚至吞没我们整个的国家。在你告诉我有关莱比锡的情况之前，我曾确信你们那里的情况和柏林相比，不是更坏的。我愿意向你提供几天前我同希特勒的谈话。我曾希望他确信，正在驱逐我们的犹太人同事的作法，是干着大大损害德国的大学，特别是损害物理学研究的事情；我向他表明，这种作法是多么愚蠢的和完全不懂道德的行为，是用来欺骗作为德国人已经有了他们自

己的思想的人，还欺骗那些为了德国的欢心而献出生命的每一个人。我所作出的这些解释是枉然的，或是错误的，简直没有语言同希特勒这样的人谈话。他已经完全丧失了同现实的联系。别人对他所说的话，最好也不过是被他的不耐烦所打断，他用过去十四年中一直重复着的老一套习惯语把你的话淹没，这些话完全败坏了健全的理智生活，甚至在这以后或其他时候，他还一直重复这种陈词滥调。这个人给人留下的一种致命的印象是：他完全相信他所倾泻下来的全部废话，不理会外界的一切反应，沉溺在自己的痴心妄想之中。那些不允许公开争论的所谓理性的东西完全支配了他。他所喜欢的东西，只能把德国引向灾难。”

这时，我告诉他莱比锡近来的事态发展和全体年青的教职员提出辞职的某些计划。然而，普朗克确信，所有这些抗议，已完全变得没有意义的了。

“我高兴地看到，你们一直很乐观的相信，用这种行动能够制止那种腐败。不幸的是你们对于大学或研究院作出的反应估计太高了。公众将听不到你们辞呈以后的任何情况，报纸也不会报道它，或者会作为一种方向性的错误行动，来对待你们的抗议。你们不可简单地去制止已开始的竞选的大胜利，它将毁掉多少人，吞没多少人类的生命，这是一个重要的自然规律，甚至我们自己也无法预计事态的确切进程。希特勒也不能再决定以后重大事情的进程；他是一个为权欲所驱使的孤家寡人，在他的驾驶座仓里已没有什么人了。他无法明辨，被他激发起来的力量，是将会把他抬高，或是将会把他粉碎。

“在这样的条件下，你们辞职，这除了丢掉你们的职业之外，不会有别的结果，虽然我懂得你们准备付出这样的代

价。但是，就德国所涉及的范围来说还是使人关心的，你们的行动对于尔后结束的这场大灾难的大事情，还仅仅是个开始。这是我们大家必须看到的远景。如果你们辞职，那么你们最好能到国外得到一项工作。我姑且不说事情可能坏到极点，但是，在国外你将成为寻求工作的无数侨民之一，而且，谁能知道你还会剥夺了别人的工作呢？毫无疑问你也许会平安地工作，脱离了危险，而且在大灾难过去之后，你总可以带着一颗无愧的心和带着幸运的知识返回德国，而德国的掘墓人是决不会损害你的名声的。然而这种大灾难过去，需要很多年才能发生，那时你已经变了，德国人也变了，我不知道，你是不是能够使自己适应这种新的环境，或者你在这个已经改变了的世界中会作出多大的贡献。

“如果你们不辞职而能留下来，那么你们将有一个完全不同的任务。你们无法制止灾难，为了生存下去，你们就将被迫毁坏自己的名声。但是，你们可以和其他人联合，形成一个坚强的核心。你可以把你周围的青年聚集起来，教育他们变成优秀的科学家，帮助他们保持传统的道德标准。当然，没有一个人可以说出这样的核心在多大的程度上将会躲过这场灾难；但是我确信，只要我们能领导那些哪怕是少数有才能而又头脑清醒的青年人，度过这种令人讨厌的时期，那么我们就将为确保德国在灾难之后的复兴，完成了很大的工作。这一批青年可能成为很多优良的种子，新的生活方式可以从他们当中萌发。我首要地是正在考虑德国科学研究的复兴。因为还没有一个人懂得科学技术在未来的时代将起到什么具体的作用，这些意见也同样适应于许多更广阔的为之奋斗的领域。我想我们所有有职业的人，所有没有因为种族或他原因移居国外的人，应当设法继续留下来，在一旦现实的

这场恶梦结束，为了更美好的生活奠定基础。这样做必然是非常困难的和非常危险的，而且由于你作了妥协，必然会招致后来人们的反对，这完全是正常的。我自然不能责备作出不同决定的任何人，不能责备由于在德国无法忍受而寻找生活出路的人，也不能责备那些虽不能继续受公正的约束，但又没有做出妨害公正事业的人。现在，在德国本身所处的可怕环境当中，没有一个人可以大大方方地行动。我们作出的每一个判断，不是冤枉了这种人，就是冤枉了那种人。总而言之，要允许大家有他们自己的生活方式。作出忠告或接受忠告是没有意义的。因此，我只能对你说：在大灾难过去之前，你无论做什么事情，都很少有希望去杜绝些小的灾难。但是，请记住灾难总会结束的那个时刻。”

这就是我们分手时的情景。在返回莱比锡途中的火车上，这次谈话一直在我的脑海里盘旋着。对于那些生活在德国已变得如此之重要，而又糊里糊涂地离开了德国的朋友们，我差不多有点妒恨了。他们已成了不公正的牺牲品，他们不得不蒙受巨大的经济困难，无论如何不应当继续住下去，至少这种痛苦的选择已经鞭打着他们。我一次次地想从不同的方式提出问题，从各个角度来考察这些问题。如果有一个家庭的成员患了致命的传染病，那么一个人在传染上这种病或蔓延这种病之前，就离开这个家好呢？还是去照看这个即使是一定会死的病员好呢？但在另一方面，能够把一次革命同一种疾病作某种类比吗？难道这不会成为一种廉价的、架空于全部道德判断的工具吗？普朗克所暗示的妥协，究竟是什么意思呢？当你每次讲课开始时，你举起了手，敬了个纳粹礼。可是，在熟人面前，甚至在希特勒的面前，我就能不举起我的手吗？这真的是一种不光彩的妥协吗？于是

你不得不在所有的公务信函上同“希特勒”一道署名。那是多么没有意思的，幸亏对我这个人来说，不是非得写那么多公务信函，而当我写这种信函的时候，新的客套话一定意味着：“我不想同你有密切的联系。”我们曾期望出席一些庆祝会和行军活动，但是我又觉得摆脱那么几次总还是可能的，这里的折中，那里的妥协，你在哪里划清这种界限呢？难道威廉·泰尔就是因为拒绝向盖世太保的大沿帽敬礼，他的孩子惨遭毒手了吗？他应该妥协吗？假如回答是不妥协，难道我们就应当同盖世太保妥协吗？

相反，如果一个人决定移居国外，那么他怎样才能使自己的决定同“肯特宣言”相一致呢？这一宣言中说：“只有基于那种格言的行动，凭借着你的意志力，才能够同时把它变成一种普遍的法规。”毕竟大家都不能移居国外，难道在逃避一切社会灾难的尝试中，一个人就必须马不停蹄地从一个国家游荡到另一个国家吗？当所有人都这么说了和这么做的时候，按出身、语言和教育来看，你就属于一个特殊的国家。如果你断绝了你的祖先并进行这种迁徙，那么，对于那些狂人，对于那些神经错乱的、正在以他们狂妄的计划把德国轻率地推向灾难深渊的畜牲来说，你离开这个地方不是就过于简单了吗？

普朗克说过，我们所能面临的选择，将是很不公正的，这样的处境是可能的吗？我曾试图设想过一种极端的情况，它虽不是现实中出现的，但除了人道主义的解决之外，既不是牵强附会的，也不是显而易见的。这是我最后想出来的一个典型事例：一个独裁政府监禁了十个政治犯，已决定至少要处决最重要的囚犯，同时这个政府又非常焦急地想要在世界舆论面前说明这种杀害是有道理的。于是，它就把具有很

高国际威望而享有自由的法学家所说的话提供给另外一个政敌，如果这个政府能够为处决一个重要的囚犯，提出和宣布一种合法的正当理由，那么它就得释放其余九个人，并允许他们移居国外。假如这个政府不愿意这样做，那么这十个人都会被杀害，这个法学家将毫不怀疑这种独裁者是谁。可是他能做些什么呢？难道我们挖苦地习惯称之为"白色背心"的良知，比那九个朋友的生命更没有价值吗？甚至这个法学家的自杀也无济于事，而只能导致对这无辜的十个人的直接杀害。

沿着这些线索思考，我想起了同玻尔的一次谈话，在那次谈话中他把这种事实归结为：公正和爱抚是互相补充的概念。尽管这两者都是我们有益于他人行为的必要组成部分，但是实际上它们是互相排斥的。公正有可能阻止这个法学家的签字，只要他的签字的政治后果颇多，那就可能要屠杀比九个人更多的无辜人民。可是，爱抚能拒绝那九个朋友的家属为拼命营救而令人绝望的哭叫吗？

过了一会儿，我才天真地意识到，这是继续做着如此荒唐的精神游戏。这里，要紧的事情是现在作出决定，我应当移居国外，还是留在德国。普朗克说："要想到灾难以后的时期"，我觉得他是对的。我们已经有了一个核心，在我们的周围聚拢了青年人，通过这个核心完全可以帮助他们生活，以便在这次大破坏之后，去建设一个新的更加美好的世界。这是要陷入到妥协中去的，因为这种妥协将把我们同利与弊共相衔接起来。但是，至少这是件值得做的工作。外部的世界不需要我们；那里有其他人，他们能够完成的任务要比我们所能完成的更好。这时火车已到达莱比锡。我清醒了一下自己的头脑：我将继续留在德国，至少在相当一段时间里继续在大学里工作，为了别人，我尽可能把我那一份能做的工作做得更好。

第十三章

原子能和基本粒子

（一九三五——一九三七年）

由于希特勒掌权，尽管引起了国内外科学生活的震动，但是原子物理学还是以惊人的速度在发展。在卢瑟福勋爵的剑桥实验室里，科克罗夫特和沃尔顿已顺利地建造了一台能产生高能质子（电离氢）束的直线加速器。他们用这种质子束去轰击硼原子和锂原子。加速质子的能量是如此巨大，以致它们克服了电荷斥力的障碍，击中原子核并使原子核蜕变了。用这台加速器和类似的加速器，包括在美国研制的著名的回旋加速器，都可以在核物理学中做无数新的实验，不久以后就可以建立原子核的特性的和在核内起作用的力的相当清楚的图象。原子核显然同原子不一样，不能类比为小尺度的行星系统其中较轻的物体围绕着一个重核心移动，相反，必须把它看作由同样的核物质组成的大小不同的液滴。核物质本身由体积大致相同的质子和中子构成。这些核物质的密度对一切原子核来说大致是一样的。可是，质子间强大的静电斥力保证了重核的中子略多于质子。把核物质结合在一起的强力，当交换质子和中子时是恒定不变的设想，已证明是正确的。同时很久以前，我在滑雪营房就曾设想过的质子和中子间的对称性，由β衰变时有些原子核放出电子，另一些放出正电子

的事实而获得进一步证实。为了获得一个更精细的核结构的概念，我们当初在莱比锡就设想过，原子核是一个近似球形的核物质液滴，在核内中子和质子自由跑来跑去，而不存在可观的相互影响或相互扰动。另一方面，在哥本哈根，玻尔认为，中子和质子的相互作用是明显的，相应地把原子核想象成一个沙袋。

为了弄清这些差别，一九三五至一九三六年秋，我去哥本哈根住了几个星期。作为玻尔的客人，我住在丹麦政府和卡尔斯伯格基金会送给玻尔一家未用的公寓里。多年来，这幢公寓是原子物理学家最重要的聚会中心。它是一座庞贝式建筑，从这一建筑中可以看到著名雕塑家索瓦尔德森的强烈影响。一段宽阔的阶梯自起居室通向花园，两侧装饰有雕像，花园里有一个由花坛环抱的中心喷泉，还有许多可躲避阳光和雨水的古树。公寓前厅直通一座温室，那里有另一个小喷泉，喷出的水花发出轻轻的响声，要不然就过于寂静了。在那里，我们总要观看放在喷泉喷头上的乒乓球，讨论这一现象的物理原因。在温室的后面，是一座有陶立克式圆柱的大厅，科学会议期间常用来接待客人。正是在这座富丽堂皇的公寓里，作为玻尔家里的客人，有幸遇见了后人称之为现代原子物理学之父的卢瑟福，他也在这里度假。因此，我们三人常到花园散步，边走边讨论新近的实验或原子核的结构。下面我试图整理这方面的对话。

卢瑟福说："你想，如果我们建造更大的加速器或高压发生器，对准更重的原子核，发射更高能量和速度的质子，那将会出现什么情况呢？λ射粒子是完全穿透原子核而不产生可观的能量损耗，还是损耗了全部动能停留在核里呢？如果象你们相信的那样，各个核微粒起着重要作用，那么λ射粒子将

陷在核里；如果质子和中子在原子核内，或多或少有点自由地跑来跑去，也就是说，无强烈的相互作用的话，那么，λ射粒子理应容易穿透原子核，不会在核内引起多大的扰动。”

玻尔说：“我肯定，λ射粒子通常会陷在原子核里，它们的动能将或多或少地均分到所有核微粒上。因为相互作用实际上是很强烈的，λ射粒子碰撞的结果，原子核将会变热，至于温度升高多少，可以根据核物质的比热和λ射粒子的能量计算出来。上述情况，也许最好称之为原子能的部分蒸发。换句话说，原子核表面的少量粒子往往吸收巨大的能量，以致离开原子核。你的想法如何呢？”

这个问题转给了我。

“我大体上倾向于赞同你的看法。”我回答，“不过你的方案同我们莱比锡模型有明显的差别。根据莱比锡模型，在核的范围内，λ射粒子运动几乎是完全自由的。由于强烈的相互作用，贯穿原子核的高速运动的λ射粒子，肯定要经历几次碰撞，并失去它的能量。可是，这种情况同低速运动粒子的情况可能有相当大的差别。因为高速粒子的波动性必然会发生作用，因此，可能转移的能量变得很小。在这种情况下，相互作用就变得不那么重要了。这点用简单的计算就可以证实。关于原子核的这种计算方法，我们很熟悉。返回莱比锡时，我将把这种计算作为首要任务。”

“现在，我能向你提出一个问题吗？你认为从技术的观点看，或许有一天借助最强大的加速器使我们有可能利用核能吗？比如，用于人工制造数量可观的新的化学元素，或者象燃烧时，利用化学结合能那样，大量利用核结合能吗？我记得，英国有一本科学幻想小说，书中描写一个物理学家，由于制造了一种象解围神那样的原子弹，从而解决了他的国

家面临的国内和国外的政治困难。当然，那是从来未有过的事，只不过是主观的愿望而已。但是，物理化学家W·能斯特曾以颇有点严肃的语调，在柏林说过，地球就是一种小型的炸药包，而且只需一根导火线就可在高空引爆。他说的是对的：假如我们只要从海水中取得的四个氢核合成一个氦核，它就能释放出非常巨大的能量。小型炸药包的比喻也可能是不太适合的表述。”

玻尔说：“没有一个人真正思考过这样的问题及其应有的结论。化学和核物理两者的根本区别在于：大多数化学实验都涉及有关物质的大量分子，例如，你那个火药包的炸药——在核物理中，我们决不能用那么多的原子核去做实验。原则上，即使愈来愈大的加速器也不能使核内发生什么变化。总之，参与化学实验过程的量与至今由技术而产生核过程的量相比较，相差是如此之大，就象我们太阳系的直径与一粒卵石的直径相比那样。即使我们把一粒卵石换成一块石头，这种关系也不会有实质性的改变。当然，如果我们能使一块物质达到这样高的温度，以致个别粒子的能量大到足以克服原子核中间的排斥力，同时，又能保持极高的密度，以保证碰撞数不至太少，这种情况就会截然不同。但是，这几乎要求达到十亿度的高温，可是要知道，在我们获得这个温度之前，我们用来盛放实验物质的容器早已气化了。”

卢瑟福说：“无论如何，没有谁认真设想可以从核过程中得到能量。要通过质子或中子同原子核的聚合来释放能量，首先，就必需大量地造成这种聚合。例如，通过加速大量质子来实现，其中大多数质子可能击不中靶。这种能量的绝大部分都会在任何情况下以布朗运动的方式损耗掉。因此，就能量的释放而言，用原子核进行的实验，可以称之为纯粹的

浪费。所有谈论技术上利用核能的人都是在演讲天方夜谭。”

在这点上，我们很快就取得了一致的见解，并且我们之中谁也没有疑问。可是，仅在几年之后，哈恩的铀裂变的发现，就戏剧性地改变了这幅图景。

剧烈的政治骚动，很少能打破玻尔花园的宁静。我们坐在大树下的长椅上，观赏着一阵阵偶尔的微风吹送喷泉上正在散落的水花，引起落在玫瑰花瓣上的小水珠在阳光下闪闪发光。

回到莱比锡以后，我完成了已经许诺过的计算，计算结果证实了玻尔关于快速质子，一般应该停留在核内并且碰撞后的原子有可能变热的设想。（事实上，大约在同一时期，借助于从宇宙射来的快速质子，已观察到这个过程）同时，我的计算似乎正表明，在研究原子核内部结构时个别粒子的强相互作用大体上可以忽略不计。因此，我们沿着这样的方向继续进行工作。弗里德利希那时还是柏林达莱姆区哈恩研究所李瑟·柏特纳的助手。他经常参加我们在莱比锡的讨论会。有一次，他给我们一份他自己研究太阳和恒星核过程的报告。他能引证有说服力的论据，非常可靠地说明在恒星最深处轻的原子核之间发生的反应；并且，恒星稳定辐射的巨大能量，明显地要归因于这些核过程。H·贝特在美国也发表了类似的发见。我们已习惯于把恒星当作巨大的原子反应堆，来推断原子能在恒星内的释放，就象自然现象那样，是不可控的过程。然而既使是在那时，我们当中没有一个人认真地考虑过为了技术上的目的而利用原子能的可能性。

在莱比锡讨论会，我们并不局限于探讨原子核理论。事实上，自从在滑雪营房逗留以来，我就提出过许多同基本粒子行为有关的理论问题的新思想。狄拉克关于反物质的概念，

已被实验证实是原子物理学的一个组成部分。我们知道，在自然界，至少存在一种能量转化为物质的过程：辐射能可以产生正负电子对。要假设存在着同样类型的其它过程，看来是合理的，我们尽力想象这一过程在超高速粒子碰撞当中的本质。

同我讨论这些问题的另一位是H·欧勒，早在几年前，当他还是一个青年学生时，就参加了我们的讨论。那时，我很快就注意到他，这并不是因为他才智出众，而是由于他外貌特殊。看上去他比其他大多数学生要娇嫩和敏感得多，尤其当他微笑时，他的眼睛总显出有特殊痛苦的痕迹；他有一张细长而消瘦的脸，卷曲的金发；当他说话时，使人感觉到有一种在这么年轻的人当中完全与众不同的精力集中的程度。一见就知道他在十分贫困中生活着，因此，我很乐意给他一个实验助手的工作。不过，直到不久之前，我才取得他的相信，向我倾诉了他的所有不幸。父母勉强能支付他的费用。他本人是笃诚的共产主义者；他父亲也是一个共产主义者，也许是政治上的原因，他父亲陷入了不幸。他曾和一位姑娘订了婚，这姑娘是犹太血统，已不得不逃离德国，现居住在瑞士。他对自一九三三年以来在德国掌权的人物只是表示憎恶，很少去谈论他们。为了减轻他的经济负担，只要可能，我总是邀请年轻的欧勒吃午餐。在一次午餐席上，我暗示他是否愿移居国外，欧勒并不予考虑；由此看出他同德国的关系太密切了。也许这就是他固执己见的另一个原因。

于是，我们总是谈论原子物理学，特别是谈论狄拉克的发现可能带来的结果、能量转化为物质方面的问题。

欧勒说："狄拉克证明，当光量子穿过原子时，它可以变成粒子对——电子和正电子，这是否意味着光量子本身由电

子和正电子组成？在这种情况下，它是一种双量——电子和正电子相互围绕旋转的双星，还是一幅虚假的图景？”

“我并不认为双星的说法有很强的说服力。你想，双星的质量是不可能比其组成部分质量总和小很多。它也不能以光速在空间运动，也没有理由说双星从未再静止下来过。”

“但是，在这种意义上，我们对光量子还能谈什么呢？”

“也许，光量子事实上是由电子和正电子组成。‘事实上’这个词意味着我们正在遇到一种可能性。在这种情况下，我的主张仅仅意味着在某些实验中光量子分成电子和正电子，此外，没有更多的意思。”

“好，但是当高能碰撞时，一个光量子能够轻易地转化为两个电子和两个正电子，这意味着光量子是由四个粒子组成的。”

“是的，我相信这是应该容许的看法。由于‘事实上’这个词只是表示可能性，因此我们就有权利说，光量子是由两个或者是由四个粒子组成的。两者区别的可能性不一定相互排斥。”

“但是，这种主张有什么优点呢？”欧勒问，“同样，我们可以说，每个基本粒子事实上是由任何数量的其它粒子组成的。在高能碰撞时，毕竟可能产生任何数量的粒子。这样我们的论点就没有什么真实性了。”

“我不可能评价类似这样的问题，因为你看到，关于粒子的数量和种类并不是象上述的那样随意的。可是，那样的组态不妨看做某种特殊粒子的可能描述；这种特殊粒子具有其前身那样的对称性。我们可以更确切地说：转换特性在离开物理规律作用的情况下，是不变的。量子力学已经告诉我们，原子的稳定态的特点在于它们的对称性。就基本粒子来

说，情况也许大致相同。归根结底，基本粒子仅仅是物质的稳定态。”

欧勒对我上述解释仍然不完全满意，他说：“整个论证对我也许过于抽象，我们也许应该做的事情是想出能导致某些意外结果的实验，做这件事的确切依据在于光量子事实上是由粒子对构成的。如果我们去掉双星模型，并且力求从传统物理学导出最后的结论，那么我们理应至少定性地得到满意结果，似乎是合理的。例如，我们要研究在真空中交叉相遇的两束光线是否确实相互穿过而互不干扰，正如到现在我们所设想的，即象麦克斯韦方程组要求的那样。如果在一条光线中那些电子和正电子对事实上是存在的，即包含了一种可能性，那么另一条光线就应被这些粒子散射，结果一条光线就被另一条光线偏折，也就是存在着两条光线间的相互作用。我们应该能证实这种偏折的存在，而且根据狄拉克的理论计算出偏离的程度。”

“当然，我们是否能观察到它，这将由微扰强度来决定。但是，一定要计算出这种作用。也许实验物理学家将会在某个时候发现证实你的那些结果的方法和手段。”

“我确实考虑过这一切，‘好象’哲学是极为古怪的东西。某些实验中的光量子被说成是由一个电子和一个正电子组成的似乎是应该的；但是在另一些场合，说它由两个以上的电子对组成又似乎是显而易见的。结果是成了一种空洞无聊的物理学。然而，我们总可以运用狄拉克理论，极精确地计算出某一确定事件的几率，并且找到证实这些结果的实验。”

我已决定提出“似乎”略深一层的问题。“你知道，实验物理学家最近已经发现另一类基本粒子，就是介子。此外，还发现存在一种把原子核束缚在一起的强力。某些基本粒子

一定同这种力相对应，表现出波粒二象性。也许还有大量其它基本粒子，只是因为它们的寿命太短，我们尚未发现它。我们可以把基本粒子与原子核或分子作比较。也就是说，我们可以把原子核或分子看作似乎是许多可能有差异的基本粒子的集合。在这方面，我们也许会想起卢瑟福最近在哥本哈根联系到原子核向我提出的问题：如果我们用一高能基本粒子轰击另一高能粒子，将会发生什么情况？它是继续停留在认为象原子团那样的基本粒子内，并把它加热最终引起蒸发，还是毫无阻碍地穿过原子团而几乎不引起扰动？不用说，答案仍然决定于相互作用的强度。关于这个问题我们知道得极少。但是，在已知的各种相互作用的基础上，它也许是值得我们研究和注意的偶然发生的问题。”

当进行这次谈话的时候，基本粒子物理学还处在它的幼年。宇宙射线确实为物理学提供了某些实验的出发点，但是，系统的实验还未开始。欧勒很想知道我对原子物理学分支的未来想法。

欧勒说：“由于狄拉克发现反物质的存在，整个情况比以往任何时候都变得更复杂化了。当前看来，似乎整个世界仅仅由质子、电子和光量子三种基本单元组成。这是一幅足够简单的图景，本来有充分的理由期望它的主要特征不久会被完善起来。可是，现在这幅图景愈加使人为难，基本粒子不再是基本的了。至少‘事实上’说明基本粒子往往有复杂的结构。这是不是意味着我们朝着真理又前进了一步？”

“不，我实在不是这样考虑的。以它的三种基本单元组成的初步图景，并无特别的说服力。到底为什么恰好是这三种随意的单元，为什么它们中的质子恰好比其中的电子重一千八百三十六倍？如此特殊的1，836这个数字意味着什么？这

些单元为什么破坏不了？总之，另一方面，我们可以用巨大的力使他们相互轰击，那么为什么它总是保持在一起呢？现在，由于狄拉克的发现，事情看来比以往合理得多。基本粒子跟原子的稳定状态一样，是由它的对称性决定的。运用量子力学，至少在原则上是可以解释的，作为玻尔理论出发点的结构的稳定性，也是基本粒子存在和稳定的原因。如果这些稳定态度受到破坏，它们总会重新建立起来，正象化学中的原子那样，这是对称性自身植根于自然界的必然结果。很清楚，距离能够系统地阐明符合基本粒子结构的各种物理规律，我们仍然有很大差距。但是我有充足的理由可以设想，这些规律迟早会把我们引向那奇异的数字——一千八百三十六。我被还比粒子本身多得多的对称性的某种东西的想法强烈地吸引住了。正如玻尔一直认为的那样，这同量子论的精神是相一致的，同柏拉图的哲学也不矛盾。然而，现在我们不应该停留在这一步。让我们坚持我们能够研究的东西。我想你应该测定光对光的散射，而我着重于在高能粒子碰撞时发生的一般问题。”

这些就是此后的几个月间我们两人始终坚持的计划。我自己的计算表明，在高能方面，既使是放射性β衰变有关的相互作用，也变得非常明显。以至两个高能粒子间的碰撞，也好象能导致许多新粒子的产生。当时，我们已经在宇宙线中获得了这种多粒子产生过程的线索，不过仍然缺乏可靠实验证据——这要等二十年之后，随着巨大的加速器的建成来弥补了。其时，欧勒同我的另一位学生B·柯克尔在一起确定光对光的散射。尽管还不可能有直接的实验证据。但是，他们所导出的散射结果在今天无疑是一个事实。

第十四章

面对政治灾难时的个人行为

（一九三七——一九四一年）

临近战前那几年，更确切地说是我在德国度过的那段时间，使我感到难以形容的寂寞。那时，纳粹制度已经处于牢固的地位，以致从德国内部不再存在一点改变的希望。同时，德国变得更加孤立，外国正在聚集抵抗力量是十分明显的。大规模的军事竞赛开始了，看来两个阵营公开的对抗只是时间问题。而在这种对抗中，国际法、日内瓦条约和一切道德禁令都将成为一纸空文。在德国，由于特别的孤立，这种形势变得更加恶劣。通讯联系也变得越来越困难，只有最亲密的朋友才敢于互相交换看法，否则他们就使用更加含蓄的语言。在这种彼此不信任的窒息空气中生活，我感到非常难以忍受。德国必败的信念使我意识到：我从普朗克那里回来之后，为自己订下的任务的重要性。

记得一九三七年一月的一个寒冷的早晨，我在莱比锡市中心打出"救济老人"*的旗帜。这次活动也是许多屈辱和妥协的一部分。当然，我们自己也知道，为穷人征集钞票是决不羞耻的。当时，我一面敲响箱子，一面感到完全失望。这倒

* 原文是"Winler Aid"，直译是"帮助过冬"，常意译为"救济老人"。——译者注

不是因为我被迫所做的附带工作扰乱了我的心情，而仅仅是因为我正在做的事情以及我周围发生的情况，绝对没有意义和希望。突然，我处在一种特别痛苦和奇异的精神状态中：在这些狭窄的街道上的房子几乎是虚无缥缈的，就好象被毁灭一样，只留下一些影像，人也是虚幻的，也就是说，人体离开了物质世界，只存在精神了。在这虚幻的人体和灰暗的天空背后，我领悟到一丝强烈的光明。这时，我注意到几个人非常诚恳地走到我的面前，送给我“救济老人”的捐款，他们的表情使我摆脱了空虚，顿时把我同他们紧紧地联在一起。但是事后我心里感到很不踏实，孤独感变得更加强烈，可能比我所能忍受的还要厉害。

那天晚上，我应邀去布京斯的音乐厅演奏。主人是大提琴家，又是出版商；雅柯比曾在莱比锡大学学习过法律，他是我亲密的朋友，是一位卓越的小提琴家。我们在一起想要演奏贝多芬G大调三重奏。这支曲子，我从青年时代就很熟悉，在一九二〇年慕尼黑入学典礼时，我演奏过其中的慢板。可是这一次，我的神态却非常紧张，很害怕乐谱并且害怕见到陌生人，所以当我看到客人不多时，就感到轻松了。然而有一位年轻的客人，第一次访问布京斯，她想方设法来见我。在我们第一次谈话中，她给我留下了深刻的印象，把我从孤僻的境地中拉回到现实中来。我感到自己又重新脚踏实地了，我们一边演奏三重奏，一边交谈。随着长谈，这种感觉越来越强烈。过了几个月，我们结了婚，在未来的岁月里，伊丽沙白·斯库玛以巨大的坚韧和勇气，分担了我所有的困难和危险。

一九三七年夏天，我暂时遭到政治上的不幸，这是我第一次经受磨难，然而我能够度过它，因为我的许多朋友受到

比我更坏的遭遇。

欧拉是我们家的常客，我们经常在一起谈论所面临的政治问题。有一次欧拉告诉我，他被通知参加由附近村庄的教师和讲演者组成的纳粹团体。为了使他免得失去大学的职位，我劝他去参加。同时告诉他希特勒青年团领导人曾经对我倾吐过心事，他可能在那里见到他，也许他们双方都可能在会见中得到好处。

当欧拉从纳粹团体回来时，他是烦乱和恐慌的。他详细地对我们诉说了有关他的耳闻目睹。

“参加这个团体的人是各种各样的，差不多许多人都是有所期待的，他们和我一样，害怕失业。我很少和他们联系，当时有一个小集团，包括真的相信民族社会主义，并且确实希望将给人们带来好处的希特勒青年团领导人。现在我知道纳粹分子干了那么多坏事，他们将会给德国带来多大的灾难。同时，我觉察到许多年轻人和我一样干了同样的事。他们也感到组织森严、资产阶级那一套非常难以接受，讨厌这里任何事情都讲物质财富和地位的社会。他们希望用一种更丰富更有生气的东西去代替这种空虚的假象。他们想使人与人之间的关系更有人情味，而我自己也是这样想。我至今仍不理解为什么这方面的努力，会导致那样不近人情的结果。这些促使我怀疑我的信念是否正确。我常常希望共产主义者能够胜利。要是胜利已经到来，今天的独裁者就会倒台，台下的会起来掌权，上下交替，毫无疑问，我们能够去把许多事情做得更好。但是，人类的一切残忍能否全被驱除，那我说不清楚。很显然，光有良好的愿望是不够的，必须激发出强大力量的作用，而这种力量又能很快摆脱控制。当然啰，这并不意味着我们要付出一切代价去容忍旧的一套，尽管它不

过是空虚的假象。我确实不知道该怎么想和该做些什么更多的事。”

“简单地说，我们不得不等待”，我说，“等到那时候，无论什么事情，我们都完全可以去做。那时，我们一定想办法整理我们曾经生活过的小角落。”

一九三八年夏天，世界上空笼罩着恐怖的乌云，这些乌云给我们的新家庭生活投下了阴影，我不得不在桑索凡山地的步枪旅服了两个月兵役。有许多次我被命令等候立即调往捷克边境。后来，阴云又散开了，我相信这种生活不会长久。

将近一九三八年年底，在原子物理学中发生了简直意想不到的事情。这天是星期二，弗里德利希从柏林回来告诉我们的莱比锡专业学会的成员哈恩的发现：钡是用中子轰击铀原子的一种产物。这意味着铀的原子核已经被分裂为两个大小相当的碎片。我们立刻自问，这个过程是否可以根据已知的原子核理论去解释？长期以来，我们把原子核比作具有若干质子和中子的小液滴。几年前弗里德利希就已经根据实验数据计算了小液滴内原子核的能量、表面强力和静电斥力。使我们感到惊奇的是，现在弄清楚这个非常迅速的核裂变过程，是与我们的一般概念相一致的。在重核中，这个过程能够自发地发生，因此，重核能够受外部轻微的作用而激发。例如用中子轰击使之激发。几乎使人难以置信的是，我们在早些时候没有考虑这种可能性。更加令人感到兴奋的结果是核裂变的两个碎片一裂开之后，裂开的两个碎片很可能不是完全的球体，这意味着它们可能包含额外的能量，而这种能量后来消失了，也就是说，一些中子从表面散射了。现在散射出来的那些中子正好撞击其他铀核，又引起铀核再一次分裂，从而使之发生链锁反应。毫无疑问，在推测到成为现代

物理学的这些部分内容之前，仍然必须做大量的实验工作。许多新发现的可能性，使我们深受鼓舞。仅仅过了一年，我们就面临着，在和平和战争中开发原子能的技术问题。

如果我们在暴风雨中驾驶帆船，为了安全，我们将会关闭所有的舱口，收起布帆，把所有看到的和活动的东西都固定起来。所以，一九三九年春天，我进入山里寻找安顿家庭的房子，以致使我的妻子和孩子能在即将到来的灾难中，有个避难的地方。最后我正好在乌尔夫得的地方找到了。这所房子在沃尔琴湖旁，离这里几百英尺远有条小路。许多年前，我和泡利、拉彭特骑单车走过这条路，我们骑着车子一边望着卡尔温德山，一边争论量子理论问题。这座房子本来属于画家柯林特的，我曾在画展中欣赏过这座房子的风景。

那一年，我还采取了另外一个重要步骤。我有许多朋友在美国，我感到很有必要在战争之前去看望他们，谁知道我们还能不能再见面呢？同时，我还意识到，在停止战争之后，帮助德国重建时，我很需要他们的帮助。

一九三九年夏天，我在安阿伯和芝加哥大学讲课，我借此机会拜访了费米。我曾经和他一起到哥廷根参加玻尔的专业会。许多年来，费米是意大利的第一流的物理学家，后来他为了安然地避过政治风暴而决定到美国。当我到他家里拜访时，他问我，若是我也移居美国，情况是否会更好些。

“是什么原因使你还留在德国呢？”费米问，“你决不能够制止战争，你将被迫承担和去做事情，而这些事情是你不愿意承担和去做的。若是那么多的痛苦还能够产生哪怕很少一点儿好处的话，你留在那里是可以理解的。但是，那种机会永远是非常少的。在这里，将使你有一个美好的开端。你看，整个美国，已经由欧洲人和那些离乡背井的人们建立起来了，

因为他们忍受不了苛刻的限制、连续的争吵和种族的歧视，忍受不了革命解放运动、镇压以及由此带来的一切痛苦。在这个比较大的和自由的国家里，他们能够很好的生活，而不被沉重的历史包袱所压倒。在意大利，我是著名的人物，在这里我却是年轻的物理学家，这多么令人欣慰。为什么你不抛开所有的包袱，也重新开始新的生活呢？在美国，你能够在科学的飞速发展中发挥你的作用，你为什么放弃这么大的幸福呢？”

“我知道你的心情，我自己也千百遍地讲过同样的事情。确实，自从十年前我首次访问以来，常常想离开欧洲，去开发新世界。那时，或许我愿意移居，但是我并没有这样做，而是我把我周围的青年人集中起来组成小团体。这些青年人希望参与发展现代科学的事业，急切盼望战争之后，科学能够重新回到德国。现在如果我抛弃他们，我将感到自己象是一个卖国贼。毕竟，年轻人不象我们那样容易移居，因为他们在国外难以找到职业，我感到利用我的经验比较多的条件找职业，这是十分不合适的。让我们希望正在爆发的战争将是短暂的战争吧！秋天危机时期，当我还是一个新兵的时候，我就注意到只有少数人才是真正支持战争的。很可能发生这样的情况，一旦完全伪善的希特勒所谓的和平政策暴露了真面目，德国人将很快地为希特勒及其追随者唱挽歌。但是，我承认，此刻好象看不到那样的情形。”

费米说：“还有一个你不能否认的问题，你知道哈恩的原子核裂变的发现可能被用来产生链锁反应。换句话说，现在存在制造原子弹的实际可能性。一旦宣战，双方可能千方百计加速这一发展计划，这时各国政府便期望本国的原子物理学家，献出他们的全部才能，研制新武器。”

我回答："当然，那个危险是很大的。有关我们在战争中的责任和义务，你说得非常正确。这是移居的真实答案吗？无论如何我确实有个感觉，不管政府如何努力呼喊，原子能宁可慢慢地发展；我相信第一个原子弹制造之前，战争早已结束。当然，没有人能够预测将来，而且研制一项比较重要的技术成果一般需要许多年。原子弹制造出来之前，战争一定结束了。"

"你认为希特勒不可能胜利吗？"费米问。

"是的，希特勒不可能取得胜利。现代战争需要集中巨大的技术手段。由于希特勒决定切断德国与世界其他地方的联系，我们的技术潜力，比敌人现有的潜力可能小得无与伦比。形势是那么明显，以致我常常模糊地希望希特勒本人能意识到这一点，而放弃原来发动战争的想法。这也许纯粹是我个人的妄想。因为希特勒是没有理智的，无论对什么事情，他都蛮不讲理，蔑视一切。"

"你还打算回德国吗？"

"我想我是没有多少选择的余地的。我坚定地认为一个人必须是始终不渝的。我们每个人都是生长在一定的环境中，具有本地的语言和特定的传统思想，如果他从没有离开过自己很早生活过的环境，那么在那个环境里，他就感到很习惯，而且工作得很好。现在，历史告诉我们，每一个国家迟早都要受战争和革命所牵连；一旦受到这样的动乱威胁时，显然，全部人口不能移居外国。人们不应采取逃跑的态度，而必须学会避免灾难。据我看，我们要主张不管在本国发生什么样的风暴，每个人都应该勇敢地顶住，因为这样可以鼓励人们阻止腐败的蔓延。不过这对其他人来说可能是要求太高了。因为不管个人如何努力，他们都无能为力阻止大多数人

走弯路。在这种情况下，要求他与那些不听他劝告的人一起任其漂流或沉没，那是不对的。简单地说，没有可靠的行动公式。我们必须自己做出抉择，但是无法预想自己的行为是否正确，也许正确与错误两者兼备。我自己几年前就决定留在德国，即使这种决定是错误的，我都应当坚持。因为那时候我已经知道那里还存在大量的罪恶和灾难。”

“那是非常大的遗憾，”费米说，“希望我们将在战争之后再次见面。”

离开纽约之前，我与皮格林有过类似的谈话。皮格林是哥伦比亚大学实验物理学家，他年纪比我大，比我更有经验。皮格林的话对我有相当大的帮助，我很感谢他劝我移居美国时所表示的关心。但是，我对他不能同情我的观点，则感到有点不愉快。他认为一个头脑清醒的人，希望返回他自己深信将被打败的国家，那是非常难以理解的。

一九三九年八月初，我回到欧洲，那时欧洲差不多是空虚的，那萧条的景象证明了费米和皮格林讲过的全部道理。

在乌尔夫得，我们花了八月份的后半月的时间，把我们的新房子准备妥当。后来，在九月一日早晨，当我到达办公室时，芝帕斯特旅馆的老板跑上来，激动地对我说：“您知道对波兰的战争已经开始了吗？”当他看到我神态恐慌，便加以安慰：“不用担心，教授先生，再过三个星期，战争就将全部结束啦！”

几天之后，我收到预订的报纸。简直想不到，不是命令我到曾经受过训练的山地步枪旅报到，而命令我到柏林的军械部报到。在那里，我和几个同事一样，被叫去研究开发原子能技术。弗里德利希接到同样的命令，这样一来，我们将有许多机会，在柏林见面和交谈各自的见解。我将设法回顾

总结我们的结论，就好象这个结论是通过一次谈话得出来的一样。

“那么，你也是铀核俱乐部的成员了？”我好象是这样开始我们的谈话的，“对于这个任务，我们必须有大量的方案，也必须着手去做有关的工作。当然，我们首先是要研究物理学有趣的分支，如果是在不受到任何干扰的和平时期的话，我们或许将是很高兴地设计范围广阔的项目。可是现在发生了战争，我们所做的每件事情都可能使别人受到严重的伤害。因此，我们每走一步都要非常小心。”

“你是绝对正确的，而且我已经想出了办法，无论如何也要准备从这个陷阱中走出去，志愿到前线服务，或者到危险性不大的地方工作，这不是太困难的事。但是，最后我下决心紧紧抓住铀的问题，因为它有摆脱陷阱的很大可能性。如果原子能的开发技术还是很遥远的事，那么做‘铀核俱乐部’的工作就没有什么害处了。真的，这倒给我们一个机会保护有才能的年轻人，顶多十年，我们就能使这些年轻人对原子物理学发生兴趣。再说，尽管原子技术没有成就，那么对原子技术的发展有所影响，这也比把一切让给别人干，或单靠碰运气好得多。当然，我们说不上科学家能把局面维持多久。然而可能存在漫长的‘中间阶段’，让物理学家作出结论。”

“我感到，只要军械部和我们之间稍为互相信任，这将是可能的。但是，事实上，去年我被盖世太保审问了多次。我讨厌提起在斯特里斯的地洞，也讨厌提起刻画在洞壁上的一句难听的话：‘肃静和保密！’”

“在军官之间，决不可能有互相信任，只有普通人之间才有这种信任。为什么军械部没有好心人呢？没有碰见不带任何偏见，善于并乐意和我们商量事情的人们呢？归根到底这

都是为了我们共同的利益。”

“或许那是一个十分危险的游戏。”

“有许多不同程度的信任。我们可能获得恰好足以阻碍最大的无理性的发展的效果。你对纯物理科学发展的问题有何看法？”

我向弗里德利希扼要介绍了纯属理性的理论研究，这个问题我在战争的头几个星期就开始研究，我向他介绍的内容比在物理学上所看到的少一些。

“除了用快速中子去轰击铀核就不可能发生链锁反应，象这样的例子我们看了许多。换句话说，只用天然铀是不能制造原子弹的。”我开始说，“那是一点点幸运。链锁反应只能够在很纯的或铀235含量很高的铀中才能发生。要达到这个要求，需要在技术上作出巨大的努力。当然，可能有其他物质，但那正如获得铀235一样是困难的。原子弹需要的这些物质，在最近的未来不可能被制造出来，英国不能，美国和我们也不能。但是天然铀与减速剂结合，在裂变过程中释放出来的中子速度减慢了，即减慢到布朗运动的速度，那么很可能引起链锁反应，这些链锁反应能产生可控制的能量。当然，减速剂不应该捕获太多的中子。换一句话说，减速剂必须是对中子吸收率很低的物质。普通的水不能做减速剂，多半是重水和纯碳，也许石墨是最合适的。不用很久，我们就要做这个实验。我相信我们能够以纯洁的良心，与军方一道研究在这类反应堆中的链锁反应，而把取得铀235的工作留给别人去干。如果可能的话，在遥远的未来，同位素分离可能将产生重要的技术效果。”

“你真的认为铀反应堆在技术上的要求比原子弹少得多吗？”

“对这一点我是十分肯定的。铀235和铀238的质量差别很小，要使这两种重核的同位素分离，至少要象生产几公斤铀235那样，提供大量的物质，那需要巨大的技术工艺。从另一方面来说，在铀反应堆中，所有需要的材料是几吨很纯的铀以及石墨和重水，在工艺方面的要求差不多少千百倍。我认为你们在柏林的凯索·威尔赫尔姆研究所和我们在莱比锡的团体应该很好地研究这个问题。”

“你说的这些似乎很有道理”，弗里德利希回答说，“而且更令人信服的是研究铀反应堆可能在战后有许多用处。如果存在和平利用原子能的可能性，那将是基于铀反应堆的利用上。反应堆将提供能量给发电站、轮船，等等。那时，我们将做有意的工作，培训掌握这种技术的工人。”

“然而，我们大家在与军械部交往中，必须不提或少提制造原子弹的可能性。当然，我们要经常牢记这种可能性，哪怕只是为了提防他们可能要的把戏。但是，我认为现代战争将由原子弹裁决是完全不可能和没有历史根据的。由于有许多不合理的因素在起作用，由于有乌托邦的希望和许多嫉妒，所以即使原子弹能真正解决问题，结果将不会比以真正的谅解或由于精疲力竭所带来的结局还要更好一些。但是，由于原子技术的飞跃发展和相似技术的进步，战后的世界必将被重建得更好。”

“那么你也是正在对希特勒在战争中胜利的可能性怀疑了吗？”我问。

“老实说，我有两种想法。在我所尊敬的具有政治判断力的人们中间，他们都不相信希特勒有打赢战争的丝毫可能性。我的父亲在他们中间是有名望的，他一直认为希特勒是一个傻瓜，是个自投罗网的罪犯，他从来没有动摇过这个信

念。但是，如果这些话全是真实的话，那我们将如何去解释迄今希特勒所取得的成功呢？对希特勒采取宽大的保守的批评家们，根本没有掌握住一个决定因素：希特勒掌握住了群众。我不理解这个问题，但确实感到希特勒总是以他的成功击败对他的批评，也许他还会继续这样，但这谁能知道呢？”

我回答说：“不能这么看，军事竞赛还没有达到比较大的限度。英国和美国的军事潜力比我国的军事潜力大得多。当然，存在一个模糊的可能性，另一方要是在中欧没有什么力量，它们可能害怕被打败。但是国家社会主义体系的罪恶恐怖，尤其是在种族关系方面，也许将使大家更感不安。当然，没有一个人能说出战争恰在何时结束，可能我低估了希特勒建立起来的政治机器的抵抗力量。但是，在任何情况下，我们工作的注意力必须集中在战后时期。”

弗里德利希最后说：“你说的是非常可能的。我很可能已经不自觉地变为空想家。目前，没有一个头脑清醒的人能够希望希特勒胜利，没有一个德国人希望他的具有可怕的后果的国家失败。然而，由希特勒掌权就不可能有和平，哪怕是一种妥协的和平。虽然我同意你的意见：我们必须为战后时期做准备，这是很明确的。但是，只有上帝才知道结果会怎么样。”

新设计的试验，以后很快在柏林和莱比锡两个大城市开始了，我从事测定重水性质的试验。这个试验杜皮尔已经在莱比锡做了大部分的准备工作。我经常去柏林做试验，而这些试验已由我的老同事和朋友在德黑兰凯索·威尔赫尔姆物理研究所做过了。除了弗里德利希之外，威尔兹是主要负责人。

对于我来说，我没有能说服欧拉去做设计铀的工作，是

一个很大的失望。正当在战争爆发前我离开美国的时候，欧拉已经成为格罗伯拉姆的密友，格罗伯拉姆是芬兰人，是我曾经教过的高才生。他身体非常健康，精神焕发，红光满面，充满乐观主义，他言行一致，相信世界是人们生活的好地方，是充满着活力的好地方。由于他是一位芬兰大实业家的儿子，他大概为自己被一位坚强的共产主义者有力地吸引着而感到惊奇。但是，个人的素质超过了观点和信仰，以致当他同欧拉一见面，便以青年人特有的坦率和奔放的热情，与欧拉交了朋友。战争爆发之后，欧拉知道了希特勒分割波兰时，斯大林站在希特勒一边，他很难过。过了几个月，俄国军队占了芬兰，格罗伯拉姆参加了联队，保卫自己国家的独立。那时欧拉变为另外一个人了，他说话很少，我感到他不仅有意疏远我，而且疏远所有的朋友，实际上他疏远了整个世界。

欧拉未被征入伍，毫无疑问是因为他的身体不好，可是我害怕他们又派他去参加工作。有一天，我和霭地问他，是否愿意调到我们的铀核俱乐部来。他告诉我，他已经志愿参加了纳粹空军，对此我感到十分惊奇。由于他看出我焦虑的神态，他便开始解释他的原因。

“你知道，我不是因为希望德国胜利而志愿入伍的。首先，我不相信德国有胜利的可能性；其次，如果纳粹德国真的取胜的话，就象俄国战胜芬兰一样，将是一场巨大的灾难。我们的统治者已经压下了全部赌注，放肆地进行侵犯，他们说只要给我一小点利益，就可以完全填补我的绝望。毫无疑问，我不愿意跟他们同流合污去杀害人们。我希望参加纳粹空军的侦察分队，在飞机上，我自己可以把弹药拆下来，而决不会开枪和投弹。这是容易办到的。在这个没有理智的海洋之中，我实在看不到与你一起开发原子能的好处。”

“就现在的大灾难而论，无论是你，还是我，我们什么也不能做，”我反对说，“战后我们可以在这里，在美国、俄国，或者任何地方继续生活下去。许多人将在战争中死去，有好人也有坏人，有无辜的人，也有有罪的人。幸存的人们将尽力建设一个更美好的世界。但是这个世界不会是完美的。人们会很快就意识到战争并没有解决多少问题。但是人们无论如何将尽力避免一些最恶劣的错误，把事情办得好一些。你不想帮忙吗？”

“我不是在责备给自己安排这个任务的任何人。那些人总是愿意把世界看成是不完善的，愿意选择逐渐改良的曲折道路而不愿意革命。那些人可能会发现自己一贯正确，也可能感到建设新世界的任务会落在他们的身上。但是就我而论，事情是有点特异的，我希望共产主义将会建设一个真正民主、博爱的社会。现在已经清楚地证明我的看法是错误的，这就是我为什么不想找到出路、不想比所有在前线的人们得到更好的待遇的原因。在波兰、芬兰和其他的所有前线，很多善良的人们正在遭受屠杀。在莱比锡研究所，有许多人戴着纳粹勋章，他们在战争中可能比我们负担稍多一点的义务，但是他们免除服役，我感到这是不能容忍的。对于每个人，包括我在内，始终应该忠实于自己。要是你想把世界变成一个熔炉，那么你自己就必须准备跳进去。你大概明白我的观点吧！”

“我确实明白了。让我们对你的熔炉的比喻继续谈下去。没有理由认为已经熔化了又凝固的物体，又可能再变成你所希望的形状。因为影响凝固过程的因素有赖于所有有关的人们，而不只是靠你一个人的愿望。”

“如果我的希望与你的希望是一样的话，老实说，我会

采取另外一种行动。事实上，目前的情况似乎是多么无希望，以致剥夺了我过去仅有的一点勇气。但是，我实在钦佩你的乐观主义。”

过后不久，欧拉被调到维也纳训练。最初他来信的语调象我们的谈话那样忧郁，后来渐渐变得好了一些。过了几个月，我到维也纳讲演，欧拉请我到乡下一间小客店跟他一起喝新酿的葡萄酒。这个小客店在格林森过去一点。他拒绝谈论战争。正当我们俯瞰城市的时候，一架飞机突然从我们的头顶飞过，仅仅超过我们的头上几码。欧拉发出微笑：这飞机是属于他们空军中队的，它来是向我们致敬。

一九四一年五月底，欧拉从南方寄给我一封信，说他的空军中队正在执行侦察任务，从格里士飞越克里特、爱根。从信的内容看来，他高兴得差不多有点过份了，似乎过去和将来更是无关紧要的了：

> 在格里士过了十四天之后，我们已经忘记了在光荣的南方外面发生的事情，甚至忘记了哪一天是星期几。我们驻扎在欧洲的港湾。在不执勤的时候，我们的生活是非常愉快的，我们享受着灿烂的阳光和蓝色的波浪，我们弄到一只帆船，兴致勃勃地弄到许多肉和橘子。我们大家都希望永远留在这里，有足够的时间去观赏山下古老的大理石圆柱和海浪，过去和现在好似已经进入梦境。

正当我沉思欧拉生活变化的时候，我不由自主地回想起在厄勒与玻尔的谈话，回想起玻尔曾经引用席勒的一首诗：

对恐惧他付之一笑，
把悲伤、胆却统统抛掉。
他蔑视命运之神的骗人把戏，
让她下手吧，
无论是明日还是今朝！
若是她稍有迟疑，
在胜利的那一天，
他还再次举杯、高歌、欢跳。

几个星期之后，德国军队越过了俄国边境，欧拉的飞机自从第一次飞过亚速海去侦察以后，就再也没有回来。过了几个星期，他的朋友格罗伯拉姆也战死了。

第十五章

走向新起点

（一九四一——一九四五年）

到一九四一年末，我们的“铀俱乐部”已经大体上掌握了原子能技术开发中涉及的物理学问题。我们知道，天然铀和重水可以用来建造核反应堆，这种反应堆能够提供能量，并产生一种象铀２３５一样裂变物铀239，也可以作炸药。以前，也就是接近一九三九年年底，由于理论上的理由，我曾怀疑，碳可以代替重水用作减速剂，但是，测定碳的吸收能力却错误地导致了一个过高的数值。由于在另一个著名的学院里仅做了这个测定，我们再也没有费神去重复它了，于是我们很快地放弃了整个想法。至于铀２３５的产生，我们知道，在战争条件下，德国没有适当的方法能生产出有意义的数量。总之，尽管我们知道在原理上和用什么方法上现在可以制造原子弹了，但是我们过高地估计了有关的技术上的成就。所以我们能愉快地向当局提出了一个关于最新发展的绝对真诚的报告，然而感到德国肯定不会作出认真的尝试来制造原子弹，需要完成的技术上的努力似乎是一个非常遥远的目标，这一目标显得如此惊人，以致在国家面临紧张的局势下，希特勒未必能下决心去这样做。

不过，我们都感到我们已处于非常危险的境地，因而我

只能偶然地和魏札克、威尔兹、詹森和豪特曼斯等人对于我们所做的工作是否正确，进行长时间的、详细的讨论，我还清楚地记得，那一次在大哈里姆的凯塞、威尔海尔姆物理研究所我的房间里，我和魏札克谈话的情景。当时詹森刚好离开了我们，魏札克说了如下一段话：

“在目前，我们不必为原子弹的事情而担心，只是由于技术研究计划看来完全超出了我们的物力，但这是容易改变的。若是如此，我们继续在这里工作对吗？我们在美国的朋友现在能做些什么呢？他们能够全力地投入原子弹这个项目吗？”

我尽量把自己摆在他的位置上。

“美国的物理学家，尤其是那些从德国移居到那里又受到优厚待遇的物理学家的心理状态，与我们是极不相同的。他们都可以使人们坚信他们在为正义而斗争。但正由于原子弹的应用使得成千上万的平民瞬间遭到屠杀，这也可以认为它是在保卫正义事业吗？难道我们真的又要搬用那个传统的格言，即只要目的正当就可以不择手段了吗？换言之，难道说要我们建造原子弹是为了正义的而不是为非正义的事业吗？倘若我们采取这样一种观点，而它又在历史上不适当地流行的话，那么谁来判定哪种事业是正义的哪种事业又是非正义的呢？希特勒的事业是非正义的这是容易看出的。但美国的事业全都是正义的吗？同样，难道我们不必根据他们所寻求的手段去评价他们吗？当然，即使是正义的战争也会包含着一些不好的手段，但是难道不存在一个界限，在超出这个界限的任何情况下我们什么都不应当做吗？在上一个世纪，人们试图通过条约的协定来限制有害的战争手段的使用，但是在当前的战争中，希特勒已全然不顾这些协定了，在这一点

上，希特勒比他的敌手更有过之而无不及。总之，我认为我们可以制造那种在美国物理学家那里也不喜欢的原子弹，当然，由于受到我们的威胁所刺激，他们也是可能制造的。”

魏扎克对我说：“如果你能够在哥本哈根和玻尔讨论整个这些问题的话，这也许是件好事。例如玻尔可以说明这样的观点，指出我们是错误的，我们必须停止使用铀的工作，那将对我有极大的启示。”

在一九四一年秋，当我们以为已经有了一个关于相当清晰的技术可能性的前景时，我们要求德国在哥本哈根的大使馆为我安排一次公开的讲演。我记得我是在一九四一年十月到达丹麦的，而且当我到卡尔斯贝格玻尔的家拜访他，直到傍晚散步时，我才把制造原子弹的危险课题提出来同他讨论。由于意识到玻尔已被德国人监视，我说话时极其慎重。我暗示说，现在建造原子弹原则上是可能的，但那需要技术上作出巨大的努力和尝试，而且物理学家们也许应当问问自己，他们是否应该全然在这个领域工作。遗憾的是当我稍微触及制造原子弹的可能性时，玻尔就马上表现得十分震惊，以致顾不及去领会我的话中最重要的部分，也就是说，需要一个庞大的技术研究计划，现在这一点对于我来说，确实是重要的，因为它提供了物理学家们是否应该下决心进行原子弹制造的可能性。物理学家要么向他们的政府说明原子弹将赶不及应用于当前的战争，从而说服他们的政府取消这项研究计划，要么就全力以赴与之斗争，这样一来就可能使他们之间处于冲突的状态。提出的这两种见解同样是可信的。而且事实上，它已证明了在战争期间，甚至在研究条件比德国不知好多少倍的美国，也不能在德国投降之日即1945年5月8日之前拿出原子弹。

正如我说过的，玻尔还是被制造原子弹的很大可能性所震惊，以致无法听清楚我议论的后一部分。也许是由于德国军队残暴地占领他的国家，他充满了无可非议的痛苦，以致对物理学家们之间的国际协议不抱任何希望。我感到最大的痛苦是，看到我们的政策是如何使我们德国人完全陷于孤立，并认识到战争是如何破坏有史以来存在的友谊，至少在一段时间是如此。

尽管这次我的哥本哈根之行失败了。德国“铀俱乐部”相对地仍处于无足轻重的地位，一九四二年六月，政府作出了反应堆设计工作必须有所节制地进行的决定。但是没有发出建造原子弹的任何命令，因而我们当中的任何一个人也没有理由去提出一个与此相反的决议。由于这个原因，尽管我们的工作全然被破坏了，但它为在战后和平的利用原子能技术铺平了道路，而且它本身也是具有实际成果的。建立在天然铀和重水基础上的第一个原子能发电站的核心，由德国某公司输出国外（到阿根廷），这决不是偶然的，很象是在战争期间我们曾设计过的那种。

在这方面，我还清楚地记得我同当时达尔尼凯塞·威尔海尔姆研究所的一位叫阿道夫·巴登纳德的生物化学家的一次谈话，正是这次谈话使我以后同他亲密往来。以前，尽管我们都参与过一系列生物学和原子物理学的讲演，但是直到一九四三年三月一日晚上，在空袭后我们从柏林市中心步行回到大哈里姆的路上，我们才进行了一次长时间的交谈。

当时我们正在波茨坦广场一侧的航空总部参加航空学会的会议，汉伯特·斯卡尔登正在做关于新式爆炸的报告，报告中提到，爆炸所引起的附近地区突然的空气压力可能会使受害者发生相对来说不大痛苦的栓塞而死亡，在会议接近结

束时，忽然响起了警报，我们都冲向部办公楼掩蔽处，掩蔽处配备着行军床和草褥。这是我们对第一次特别重型的轰炸的体验。随即几个炸弹击中总部的建筑物，我们还听到墙壁和天花板倒坍的声音，在这段时间里，我们就根本不知道我们的掩蔽处与外界之间的通道是否能够通行。在空袭后不久电灯很快就灭了，随之而来的只是偶尔的信号弹的微光。这时我们看到，两个医务人员正带着一个呻吟的妇女进来。最初，我们说说笑笑，但渐渐地我们都默默无声了。于是唯一能听到的是各种各样的炸弹投落在附近的轰鸣声。然后又是第二次异常猛烈的爆炸，冲击波震撼了整个掩蔽部，我听到躲在角落里的哈恩在大声说着："现在我敢打赌，斯卡尔登再也不会认为他自己的理论是对的了。"接着，周围渐渐被黑暗笼罩起来。

空袭过后，我们设法从外面杂乱的钢筋混疑土堆上面爬出去。在外面，我们被奇异的世界吸引住了。大楼前面的整个广场被附近高大建筑物上面的火焰照亮了，变得一片通红。火也蔓延到地面上来。在马路的中间到处都有磷燃烧弹炸过而形成的正在燃烧着的弹坑。广场上到处是人，人们都急于想回到自己的家园，并徒然地希望迁往到郊外去。

巴登纳德和我一起离开掩蔽部，并决定结伴同行，到菲希特贝格和大哈里姆我们的家去。最初，我们总是这样地安慰自己，也许空袭只局限在城市中心，郊区或许不会受轰炸吧！然而我们看到位于波茨坦广场前面几里远处两侧都在燃烧着火焰，消防队已经在那里的不少地方开始了工作，尽管他们已尽了最大的努力，但这毕竟是犹如想用茶匙去把湖里的水捞干一样，是完全徒劳的。

我们估计至少要用一个半小时才能从波茨坦广场步行到

大哈里姆，这样我们就有相当一段时间的谈话，我们并不谈及当前德国的形势，因为我们周围的一切已经最清楚不过了，而是谈战后年代我们的希望和规划。

巴登纳德问我："你认为在战后德国科学研究的命运是怎么样的？我们很多第一流的学院将被破坏，许多年轻科学家将被杀害，我们的民族也将由于过分贫困而不能把发展科学研究事业放在优先的地位。但是无论如何，科学研究也许是经济复兴的一个先决条件，没有它德国是不可能获得在欧洲共同体中的地位的。"

"我认为这种希望是有充分的理由的。"我回答说，"很多德国人将不会忘记第一次世界大战之后重建工作的情景，例如在化学与光学工业方面，由于科学家与工程师的联合作战，我们作出了一些最重要的贡献。我们的民族也许会很快地看到，没有基础研究，现代化生活是不可能的，而且也许会认识到，德国社会党人忽视科学是今天德国社会崩溃的一个原因。当然这个祸根还深远得多。在我们面前所看到的一切，仅是那种上帝的洪荒时代的神话的必然结果，也是那种使德国人民变成牺牲品的"占有一切或一无所有"哲学的必然结果。德国人把希特勒当作偶像来崇拜，以为这个所谓英雄人物命中注定要带领他们摆脱危难的痛苦，走向美好壮丽的未来，免除所有外部的压制。否则，若是命运决意与他们作对的话，他们坚决地甘愿作出牺牲。这种可怕的信条是我们最大的苦难根源。我们的民族总是以巨大的幻想去代替客观的现实，于是妨碍了我们同与我们生活在一起的非犹太民族之间的友好关系。这样，我将更喜欢这样表达你的问题：一旦我们的幻想已被现实完全地、无情地粉碎了，科学研究能帮助我们德国人对世界以及我们自己在其中的地位达到清醒

的、批判性的认识吗？换言之，我对科学在教育方面的作用，即它在培养有批判性思考能力方面的作用比它在经济方面的作用想得更多些。当然，在科学上能够发挥积极作用的人永远不会是大量的，但是在德国，科学家始终是得到尊重的，他们的意见也是普遍地得到注意的。因此他们的观点可以被人们当作合理的东西加以接受。”

巴登纳德说，“培养有理性的思想，显然是一个重要的任务，战后，我们必须尽最大的努力去完成它。事实上，按照事物进行的方式，人们应打开眼界去认识本来早就存在的现实，例如对元首的崇拜不能代替原材料，空话也不能代替科学技术成就。粗略看一下地图，巨大的领土已被美国、英国和苏联所控制，而德国却只有可怜的一点面积，这一事实就足够提醒我们，必须反对军事冒险活动，可是我们德国人要逻辑地冷静地思考是感到极端困难的。当然，我们并不缺少个人的才智，但是作为一个民族，我们却沉醉于空想，去赞扬那种超出理性的情绪。因此，有必要去恢复科学的声誉，而要做到这一点，在这样一个伴随战争而形成的注重实际的时期也并不是十分困难的事。”

我们仍然沿着波茨坦广场，它的扩建部分——哈伯特广场、莱茵广场、斯劳斯广场——以及一排排正在燃烧的房屋走去。我们常常不得不避开那些燃烧着的堆积物，或者那些炽热的木柴，或者是还没有爆炸的炸弹旁边临时凑起来的围栏。骤然间，我踩到了一些含磷的液体，于是我的右鞋开始燃烧起来了。我赶快地跑到水坑去踏熄它，以免烧坏我的鞋。

我接着说下去，“我们德国人，倾向于这样去看待逻辑和自然界的事实，即使我们周围的废墟是微不足道的，可是因

为它是自然界实体，就象我们必需穿的紧身衣一样，无非是因为没有更好的东西罢了！我们认为自由只能建立在人们能扯掉这一紧身短上衣的基础上，即去掉任何的幻想和梦想，放弃有几分乌托邦的陶醉。在我们的国家，我们希望，不要多久能真正认识那个使我们模糊地感觉到的‘绝对’存在，真正认识这个‘绝对’刺激我们取得伟大的成就，比如说在艺术方面。但我们对‘现实’这个词本来所含的意义缺乏了解。它的真正的基础在于事实，只能通过事实和与自然规律相一致的思想的结合才能得到它。即使适当地考虑我们民族那种沉醉于梦想和神秘主义的奇怪倾向，我还是不能真正认识到为什么我们这样多的同胞在寻求科学方法时竟然表现得这样迟钝和令人失望。他们认为在科学上所有的一切都是逻辑以及对确定不变的规律的认识和应用，这是一个通病。事实上，在科学方面，特别是自然科学方面，尽管在很多认真的、小心试验之后，我们可能获得对事实本身的了解，但也只有当我们亲身深入现象的本质，我们才能使得主客观之间协调起来。但是想象力毕竟起着决定性的作用。”

“也许是由于‘绝对’这个概念对我们德国民族产生了一种奇怪的魅力，使得我们所有的人在这一领域起了特殊的作用。在国外，实用主义比这里影响更深广，只要我们看看我们的邻国以及埃及、罗马或英国人的历史，我们就会认识到这种方法在科学技术、经济或政治方面证明是多么的成功。德国对科学和艺术曾作出引起世界性变化的贡献，我们不得不想起黑格尔和马克思，普朗克和爱因斯坦，贝多芬和舒伯特，而且正是由于对‘绝对’的热爱，由于对终极原则的追求。但是，只有当时‘绝对’的追求服从于适当的形式，也即科学达到逻辑的思考，音乐达到和谐和旋律配合上的要

求，只有在这时，只有在最终的强制因素的拘束之下，它才能显示出自己充分的才能。一旦我们想去推翻这些形式，那么在我们周围就会产生可以随时看到的种种混乱。因此我自己不准备用诸如上帝或阿迈奇敦的微光一类观念去为这种混乱唱颂歌。”

我说话的时候，我的右鞋又着火了，我又得花些时间去擦掉沾在鞋上的磷光物。

巴登纳德注视着我说：“如果我们都一味地为我们面前的事实而烦恼的话，也许这并不是件坏事。至于未来，我们只能希望德国将产生这样的政治活动家，他对现实更加富有想象力，以便为德国人民创造出象样的生活条件。至于就科学来说，凯塞·威尔海尔姆学会也许将为德国科学研究工作的恢复打下一个良好的基础。毕竟大学与学会相比，它在逃避政治干涉方面获得成功的可能性更少些，因而相应地它将碰上更多的麻烦。虽然我们的学会同样被迫妥协，例如对军事研究项目的协作，但很多人仍然与外国科学家保持着友谊关系，这些外国科学家懂得有理智的重要性，他们的思想在德国的影响，并不亚于对他们自己国家的影响。因此，他们可能作好帮助我们的准备，你们那个科学部门同样亦能如此吗？对于它的和平的国际合作的可能性你是如何估计的呢？”

“建立在哈恩发现的铀裂变方法的基础之上的和平开发原子能，将是毫无疑问的。因为我们有充分理由相信这次战争结束之前决不会有原子弹被制造出来，——技术研究的难度越来越大——在战后有希望进行富有成效的国际合作。归根到底，决定性的步骤是哈恩的发现的，当时所有的人都是这么说也这么做的，全世界的原子能物理学家们总是和平的在一起工作的。”

“好，我们正等着、看着呢，在任何情况下，我们作为威廉皇家学会的成员都必须保持一致。”

我们在一个路标处分手了，巴登那特走向大哈里姆，而我走向菲希特贝格，在那里我和伊丽莎白的双亲已住过一段时间，不久前，我带我的二个最大的孩子来柏林参加庆祝他们祖父的生日。因此完全可以理解，此时我是多么渴望知道在空袭期间他们和老人是怎么熬过来的。我原来设想菲希特贝格也许不被轰炸的念头很快被打消了。从远处我就能看到位于我们侧面的房子正在炽燃着，火焰也正在我们房顶蔓延。当我跑到房子的隔壁时，我听见里面的呼救声，可是我意识到我得先去照管我自己的孩子和他们的祖父母。我们的房子已经遭到非常严重的袭击，特别使我毛骨悚然的是，似乎房子里面根本没有一点生命的迹象。只有当我疾步走上顶楼时，我才认出我那勇敢的岳母，正戴着一顶钢盔作为保护，防备着随时掉落下来的碎砖块；她正用她的全部力气和火焰搏斗着。她告诉我，孩子们已带到靠近植物园旁边的邻居那里去了，在他们的祖父和米尼士特·车米德特·奥特夫妇关顾下平安地睡着了。我们自己的房子里的火焰大部分已经熄灭了，我全部要做的只是把极少数冒烟的椽压低下来。

接着，我去帮助隔壁的邻居。他的房子还在炽热的燃烧着，屋顶大部分倒塌了，院子里遍地都是燃烧着的屋椽，在底层楼，我发现了一个年轻妇女，她焦急地告诉我，她的老父亲在顶层楼上无能为力地和火焰搏斗着，无论他怎样坚持用从流量很小的龙头装满了水的那个水桶去灭火，实际上仍然无济于事。楼梯已经倒坍，她担心她父亲会不会摔下来。幸好我穿着一套紧身的陈旧衣服，允许我最大限度的灵活活动。我攀上火墙后面的屋顶，看到了一位白头发的老人，

为了使他的庭院逐渐摆脱火海的包围，几乎是毫无惧色地在撒水。我不顾一切地向他那一边跳过去，我能看到，他对我这个完全陌生的、从头到脚都被熏黑的人的突然出现多么大吃一惊。他立即放下水桶，伸直腰，有礼貌地点着头说："我叫恩斯林，非常感谢你来帮助我！"他有着我经常赞美的普鲁士人特有的风度，简朴、严明、寡言。于是，我很快地联想起我和玻尔在厄勒海峡之滨的散步，但现在我没有时间去想大量过去的事情，当时急切需要的是行动。而且事实上，我得设法让老人沿着我攀登上去的路线下来。

几星期之后，我们搬了家，从没有防空掩蔽的莱比锡转移到乌尔弗德，因为战前我已作过安排。由于安全起见，大哈里姆的凯塞·威尔海尔姆物理学所，亦接到命令迁到维尔顿布南部小镇赫琴根的一个纺织厂去了。

在混战的战争的最后年代里，我仅保留一些十分清晰的记忆，但由于，这些成为提醒我把判断建立在一般政治背景分析之上的情况的一部分，我感到我必须简单予以叙述。

在柏林，我生活中最有乐趣的是所谓的"星期三学会"的聚会，它的成员包括L·贝克将军，J·鲍皮兹部长，著名的外科医生F·舒尔柏鲁什、U·冯·哈塞尔大使、E·斯普兰格尔、J·杰森，C·舒伦贝格伯爵，还有另外几个人。我记得在舒尔柏鲁什家里的一个晚上，在主人作了一个关于肺部外科的讲演之后，他宴请了我们，这在当时是一个令人愉快的豪华宴会，以致吃过甜点心之后，哈塞尔竟跳在桌子上唱起学生的歌曲来。我同样回想起一九四四年七月我们的最后一次聚会，在这一次，我充当了东道主。午后，我到学院花园里采摘了山姜，豪斯的管理部门还为我这俭朴的招待会提供了牛奶和一些酒。我向客人们讲了关于星球上的原子能及其在

地球上的开发技术，或者更确切地说，是我关于这些问题的非秘密的个人见解。贝克立即领会到所有传统的军事观念将会随之引起改变，而斯柏兰格则用语言作了表述，指出我们物理学家已经思考了一个相当长的时间。也就是说，原子物理的发展可能引起人类社会和哲学家的看法的深刻变化。

在七月十九日，我到鲍皮兹家取会议记录，然后登上夜间列车到马尼茨和柯切尔，从那里步行二小时才到达乌尔弗德。在路上，我遇见一个士兵用一辆手推车拖曳着他的行李到凯塞尔伯格去，我把沉重的小提箱放到他的车上并帮他拉车。这个士兵告诉我，他刚从收音机里听到，有人企图要谋杀希特勒，希特勒本人也承认他自己受了轻伤，现在柏林军队总部公开起来造反。当我谨慎地问他对这件事有什么看法时，他只是说："有些事情早就该做了。"几小时之后，我坐在我的收音机旁，听到贝克将军在本德勒斯特拉斯陆军总部被杀害了，并提到鲍皮兹，哈塞尔，舒伦伯格和杰森是他的同谋者。我知道这意味着什么。我想到，七月初到豪斯来拜访我的那位名叫阿多尔夫·雷齐威恩的人同样也可能被逮捕。

过了几天，我去赫琴根，在那里找到我在柏林研究所的很多成员，我们准备在小海格劳什的一个小山洞里——在巨石的下面建立我们的原子反应堆。在基石的上面是一个教堂。在那些假日里，我经常骑自行车往返于赫琴根和海格劳什之间。在假日里，到果园和树林地去寻找蘑菇——所有这一切，为我们的生活增添了浓郁的情趣。在所有的日子里，我忘却过去，也不想未来。一九四五年四月，当果树开花的时候，战争已接近尾声，我和同事们一起商定，一旦研究所和它的成员们摆脱直接的危险之后，我就骑自行车离开赫琴根回到我的家里。

四月中旬，德国最后的掉队士兵通过了赫琴根，往东方行进。一个下午，我们能听到第一流的敌方坦克声。在南方，法国人大概已经顺利地通过了赫琴根，一直推进到阿尔巴尼亚的劳赫山脉，该是我走的最好时机了。接近午夜，弗里德利希骑着自行车对鲁特林根侦察巡逻回来后，在研究院的空袭避难所，我们举行了一个简单的告别会，大约在午夜三点钟，我就往乌尔弗德方向出发。快黎明时，我到达加玛庭根，我似乎是已幸运地越过了前线。现在只有那来自低空的飞机的威胁了。为了安全起见，我的转移大部分放在晚上，把休息和准备食物则放在早晨太阳出来的时候。我还清楚地记得，我在布鲁塞尔附近的一座小山的情景，在温暖的阳光下简单地吃过早餐后，我就到有围篱作掩蔽的地方睡了一觉。在这晴朗的日子里，整个阿尔卑斯山脉的群山——霍克伏奇尔，马德莱加贝尔，以及七年前我作为一个步兵爬过的所有的山都展现在我的眼前。山峰下，樱桃树正盛开着鲜花。一派生气盎然的春天景象，把我带入了梦乡，使我原来的那种慌乱的思绪似乎一下子又变得充满了光明和新的希望。

过了几个钟头以后，好象是一声晴天霹雳把我从梦中惊醒，而且我一睁开眼睛，就可看到从遥远的迈明根那里升起的弥漫密布的浓烟，兵营刚被全部炸毁了。战争没有结束，我必须一直继续向东走，这样，在动身后的第三天，就到达了乌尔弗德，我发现家庭平安无恙。回去后的头一个星期，我们拉曳地下室窗口的沙包和贮存所能够搞到的一些食物。我们所有的邻居都逃到湖的对面躲避起来了。树林里挤满了散乱了的德国军队和党卫军，地面上到处都是横七竖八的枪支弹药，孩子们没有一个敢挨近这些东西。在白天，我

们必须警惕那些仍能引起我们周围着火的流弹，在夜间也不例外。我们感到最大不幸的是生活在这一无主的土地上。五月四日，当科伦内尔·佩什带领的一支美国小分队来抓我时，我感到象一个完全耗尽了气力的游泳者在坚硬的地面上移动着脚步。

夜间下起雪来，而当我出来放风时，春天的阳光透过深蓝色的天空照射到我的身上，明媚的阳光照射到皑皑白雪上，真是景色如画。当我问那位逮捕我的曾转战于世界各地的美国兵，他是否喜欢我们这里的湖光山色时，他告诉我说，这是他所见到的最美丽的地方。

第十六章

科学家的责任

（一九四五——一九五〇年）

在海德尔伯格、巴黎和比利时短暂停留之后，拘捕者最后决定带我到法姆大厅去，在那里我和铀核俱乐部的少数老朋友及年轻合作者又聚集在一起了。他们包括哈恩，劳厄，盖纳什，魏扎克和威尔兹。法姆大厅位于曼彻斯特的郊区，离英国剑桥大学大约有25哩。由于我以前曾参观过卡文迪许实践室，因而熟悉那里的景物。这时我们十个人都一致把哈恩看做是我们公认的代言人。我们大家都非常羡慕他那富于魅力的个性和举止，钦佩他那种在困难面前处事的沉着和机智。偶尔需要时，由他出面与我们的拘捕者商洽。看管我们的工作人员以非常的得体和格外的仁慈履行他们的职务。以致很快地我们之间完全互相信赖起来。他们很少来过问我们的原子能研究工作，我们觉得相当奇怪的是，他们对我们的工作大不感兴趣，但又很谨慎地看管我们，防止我们同外界有任何小小的接触。当我问到美国和英国是否也同样研究铀的课题时，一位被派来审问我们的美国物理学家告诉我，他们与我们相反，同盟国方面的科学家们都致力于那些与战争直接相联系的任务。这似乎太离奇了，事实上在整个大战过程中美国毫无关于进行原子核裂变工作的迹象。

在一九四五年八月六日的下午，威尔兹突然冲进来告诉我一个特别的新闻：美国在广岛投下了一枚原子弹。最初我不愿意去相信它，因为我一直确信建造原子弹需要相当庞杂的技术尝试和大约几十亿美元的经费。同时我还觉得我所熟悉的科学家们在这样一个科研项目背景下，完全能很好地摆脱他们的全部责任，这从心理学角度来看是难以置信的。在这种情况下，我还是倾向于相信那些审问我们的美国物理学家，而不大相信那些被别人指派去广播各种宣传报导的电台广播员。此外，威尔兹告诉我在新闻报导中没有提到“铀”，这好象暗示着即使有炸弹投下来，它们还称不上我们所说的原子弹。但在后来的一个晚上，当新闻广播者叙述已经取得的巨大技术成就时，我才勉强地接受了那一种我参加长达二十五年之久而现在又导致十万人以上死亡的原子物理学进展的事实。

我们之中受打击最大的是哈恩，他的非常重要的科学发现的铀裂变，早已成为通往原子能道路的决定性步骤。正是这一发现，现在导致了一个巨大城市及其居民——许多手无寸铁的和无辜人民的可怕的毁灭。这怎么不使他痛心呢！他怀着深受责备和战颤的心情回到他的房间去。我们都替他担心，唯恐他会做出伤害自己的事来。那天晚上，我们谈了许多缺乏全面考虑的事情，直到第二天早晨，我们才能使自己从混乱的思想中平静下来。

在法姆大厅这一古老的红砖建筑物的后面，有一片多少被人遗忘的草地，当时我们常常在那里玩手球。在草地和作为我们活动的边界的有顶围墙中间，是一个细长的玫瑰花园，这个花园主要是由盖纳赫管理着。花园为我们所使用的小路所环绕，婉如中世纪僧侣必须使用的回廊一样。那里正

是私下密谈的好地方。在那个可怕的新闻播送后的第一个早晨，弗里德利希和我在这条路上来回走了几个小时，边想边谈。我们开始表露出对哈恩的担心，弗利德利希那时表达了我们大家都感到难以忍受的心情：

“哈恩为什么这样沮丧，这是容易理解的。他的最伟大的科学发现现在带来了想象不到的恐怖。但是他真正意识到有罪吗？难道说他比我们这些在原子物理方面工作的其他人更有罪吗？难道我们之中没有人应为他承担部分责任，与他分担一部分罪过吗？”

我告诉他说，我并不这样认为，虽然我们大家都同构成这一重大悲剧的因果链条联系着，但是也不能使用“罪恶”这个词。哈恩和我们大家只不过是在现代科学的发展中发挥了应有的作用。这个发展是必不可少的过程，人类或者至少是欧洲人，在若干世纪以前就已开始了这一过程。或者，你宁愿提出一种他能接受的刺激性较小的说法。我们凭经验知道，这种过程能导致好的结果，也可能导致坏的结果。但是我们大家，特别是十九世纪理性主义者前辈们都确信，随着知识的增长，将是抑恶扬善。在哈恩的发现之前，谁也不会严肃地想到有建造原子弹的可能性；当时的物理学家中根本没有人暗示过这种倾向。在这么极其重要的科学探索中起作用，无论如何也不会被认为是一种罪过。

弗利德利希评论说：“当然，有少数人要坚持科学早已走得很远。他们要企图证明，未来有更重要的社会、经济和政治的任务需要去完成。当然，也许他们是对的，但是所有那些象他们一样考虑问题的人未能认识到，在现代社会中，人们的生活已开始依赖于科学的发展。如果我们把日益扩大的知识置诸脑后，那么在不久的将来，生活在地球上的人口势

必发生根本的削减。而这意味着只能通过象原子弹一样恐怖或者甚至比这更可怕的手段来实现。

“那时，知识就是一种力量，它象地球上的权力斗争一样长远，只要当这种斗争的终局尚未呈现在眼前时，我们还必须为获得知识而斗争。也许有一天我们会有一个世界政府，我们期望着在这个政府统治之下，将能够充分自由地对科学知识进行探索，而不会象今天这么狂乱。但这不是我们今天的问题。目前，科学的发展对于全人类来说是不可缺少的，因而任何个人对它的发展所作出的贡献决不能被认为是犯罪。我们现在的任务，同过去一样，是促使科学朝着正确的目标发展，扩大对于全人类谋利益的知识范围，而不是去阻止科学本身的发展。因此，正确的问题是：每一个科学家为实现这一任务能够做些什么？科学研究的人员确切的职责是什么？”

“如果我们把科学的发展作为一个世界规模的历史过程来看待的话”，我回答说，“那么你的问题使我想起个人在历史上的作用的老问题。任何一个领域，个人总是可以更替的，这看来是毫无疑义的。如果爱因斯坦没有发现相对论的话，它将迟早被另外什么人发现，也许是彭加勒，或是罗仑兹。如果哈恩没有发现铀裂变，也许在几年之后费米或居里会发现它。我不认为，如果我们这样来认识问题，就是贬低了个别人的伟大成就。正是由于这一原因，我们不能说，那些做出决定性发现的科学家对于科学发现的后果所承担的责任，要比以往曾为科学的发展作出贡献的其他科学家更大些。历史是会把先驱者摆在恰当的位置上的，而且他迄今所作的一切也仅仅是历史赋予他应该履行的职责。作为一种结果，他或许有能力对他的科学发现及其后来的进展产生一点重大影

响，但也只不过如此而已！事实上，哈恩总是强调指出铀裂变的全部应用应该有利于和平的目的；在德国，他也一直坚持反对把原子能应用到战争中去的任何企图。当然，他的这一切努力并没有影响美国的发展”。

此外，弗里德利希继续说：“我们大概有必要明确区分下发现者和发明者的概念。一般说来，发现者在他的贡献应用于实际之前，是不能够预测出它的实践后果的，以至有的要经过很多年，才能应用到实际中去。例如伽伐尼和伏打对电机工程后来的进展就完全不知道，因此对后来成果的利用的滥用，丝毫也不能要他们负责任。而发明者似乎是处于与此完全不同的位置上，他们在心目中有一个明确的实际目标，并能评价这个目标的利弊。因此我们可以明显地掌握发明者对他们的成果应负的责任。然而，确切地说，正是发明者才能够充分地为社会造福，而很少顾及自己的利益。例如，电话的发明者了解到社会迫切需要加速通讯联络。同样，火器的发明者，可以说是按照社会军事力量追切要求增长的命令而付诸行动的。至少只要发明者和社会都不能预见到他的发明的全部后果时，那么仅仅把责任加于他们哪一个都是不公平的。例如，发明了一种农用杀虫剂的一个化学家，他所能告诉你的由于应用他的农药而引起的关于害虫总体变化的最终结果，远不及一个农民所说的多。总之，我们对科学家个人提出的要求仅仅是，他应该力求把自己的目标放在更加广泛的基础之上，以及他不能轻率地为着少数人而去危害多数人。我们所能真正地要求每一个科学家的全部事情是，他应当审慎地注意到科学技术进步所必须遵循的体制，即使这样做似乎与他眼前的爱好不相符。

如果你想在发明和发现之间划一道界线，那么象原子弹

这一最近的和最恐怖的技术进步的产物，你应该把它列入哪一类呢？

“哈恩的裂变实验是一个发现，而原子弹的制造是一个发明。在美国制造原子弹的物理学家们是发明者。他们并不按照他们自己的利益，而是按照一个急于使其军队获得最大打击力量的战争集团的公开的或不公开的命令而行事的。你曾经说过，单就心理学上的原因，你不能想象美国物理学家能这么专心致志地去生产原子弹，只是在昨天你才勉强地相信了广岛事实的真相。现在，你是怎么看待我们在美国的同事呢？”

也许美国物理学家们害怕德国首先制造出原子弹，而这种担心是可以理解的。因为铀裂变是哈恩发现的，而且在希特勒驱赶一大批最有能力的物理学家之前，德国的原子物理学已经达到了一个很高的水平。拥有原子弹的纳粹获胜，必将被看成是一个如此十分可怕的威胁，以致一切旨在制止原子弹（包括我们自己在内）的行动看来不无道理。如果我们能考虑到发生在集中营中的一切，我认为我们谁都不会真的去反对它。毫不怀疑，在欧洲战争结束之后，许多美国的物理学家曾经劝告人们不要去使用这种可怕的武器。但是那时，他们拥有决定性的发言权的时间并不长。在这方面，我们也不必认真地去批评他们，因为我们中有哪一位能为了上述原因阻止我们的政府去犯罪呢？我们不知道这些罪行的详尽程度这一事实，并不构成求得谅解的理由，因为我们本来就应该尽最大的努力去揭发它。

“最有害的看法在于把犯罪看作是不可避免的。纵观历史，人们曾经按照‘强权就是真理’的原则行动。或者，以更露骨而又荒唐的方式宣扬，只要理由正当，可以不择手

段。这样，我们能作出什么抉择以抵制这种偏见呢？”

弗里德利希回答说：“我们已经说过，我们可以期待发明者的目标能符合人类技术进步的广阔方面。让我们考虑这个观点的含义吧！在经历一场巨大灾难之后，人们倾向于对此尽早作出评论。这时他们可能会说原子弹已促使战争很快地结束，那里也许已经有更多的受害者允许屠杀以较缓慢的方式进行，我认为，你自己昨晚就曾提到过那个争端的问题，但是所有的估计仍是很不令人满意的，因为我们中的任何人都不能预见原子弹的政治影响。难道说由于原子弹而引起的灾难不该为今后需要付出更大代价的战争铺平道路吗？新的武器是不会带来各国之间力量对比的变化，也就是说，一旦所有的大国都拥有原子弹，那么要改变军事力量的对比，能不以无数生命的牺牲为代价吗？我们没有一个人能够预见这些发展，因此所有这些关于均势的议论只不过是空谈。可是我们为什么不从与此完全不同的、我们经常讨论的原则，即手段选择是确定一种事业还是否合乎正义的原则出发去考虑问题呢？”

我回答说：“科学与技术的进步将不可避免地导致数量越来越少的超级大国的不断扩张。这一结果将是空前规模的权力集中，这样，我们仅能期望给予个人和个别民族的行动自由。这方面的发展在我看来似乎是不可避免的；现在的问题在于，世界最终地进入更加稳定的秩序之前是否不会发生许多新的灾难。总之，我们可以认为，在这次战争之后，少数超级大国将尽可能地扩大他们的势力范围。而要实现这一点，他们只能在彼此间的共同利益以及社会制度或他们赞同的社会准则的相似性基础之上建立联盟，否则就得通过经济上的控制以及政治压力的手段。每当一个处于某霸权国家势

力范围之外的弱国受到某一强国的威胁或压迫时，该霸权国就可能给予支持，以便增强自己的影响。这就告诉我们应当怎样去看待美国在两次世界大战中的干涉，并且现在还没有理由认为这种倾向即将结束，我也不能理解为什么我们还要去反对这种倾向。”

“当然，有些人会给所有这些从事于这类扩张主义政策的大国打上帝国主义者的标记，但是在这里，比起其他地方更多的手段的选择，在我看来是更明确的标准。一个大国在同外国的交往中，不动用大棒，而宁愿选择正常的经济和文化手段，并尽量避免干预邻国的事务，往往比起公开使用武力的国家更少受到公开的指责。而且大国实行的那种避免所有非法的强制形式的政治制度，很可能成为未来世界的模式。现在很多人已逐渐把美国看作是一个自由的堡垒，认为在这种社会制度下，个人能够最充分地发展他的个性。人民享有完全的言论自由。重视人的首创精神，尊重个人的见解，对待战俘比大多数国家要好些。所有这些，以及很多其他事实已引起人们强烈的反应，希望美国的政治制度能为世界其他国家提供需要的模式。美国政府在其决定是否下命令在日本投下原子弹的时候，本应记住这一希望。我担心由于使用原子弹，这些希望已遭受沉重打击。现在美国的所有的竞争者将发出对‘帝国主义’的声讨声，而且他们的呼声必然产生重大的影响。恰恰因为取得胜利不再需要原子弹了，因而它的使用会被看作是一种赤裸裸的武力炫耀，所以要理解我们怎样才能从这里走向真正的自由的世界制度是确实困难的。”

弗里德利希重复说：“换句话说，你确实认为原子弹的技术前景，本应从更为广泛的方面进行评价，也就是说，作为不

可避免地导致统一的世界制度的确立的科学技术发展总进程的一部分来估价。因此，在这种情况下，对于任何人都很清楚，当着胜利已经有了把握的时候，无论如何使用原子弹是一个错误的决策，它削弱了人们对美国的美好诺言的信任，引起了对美国世界使命的怀疑。虽然原子弹的存在并不构成灾难，但这却有助于政治上取得完全独立仅局限于少数经济实力很强的大国，而一些弱小国家则会丧失他们的某些独立。但这并不意味着对个人自由的限制，可以看作是为了普遍改善生活条件，我们不得不付出的代价。”

“然而，我们正偏离了现实的问题。当我们生活在一个观念、感情和错觉充满冲突的世界里的时候，对个别科学家仍然关心着技术进步的行为真叫人感到迷惑不解。我们在这个问题上的观念看来是相当模糊的。”

我反驳说，“我们不过是赞成个人解决一个科学任务或技术任务罢了，不管该任务如何重要，都必须尽力去考虑它的较主要的结果。而且事实上，他要是不这样做的话，那么第一，他为什么这样努力呢？其次，如果他考虑的因素越是全面，他就将越发容易得到正确的答案。”

“既然那样，假如他想成为最好的人，而又不只是停留在美好的愿望中，那么他就可能在社会生活中不得不扮演一个更审慎的角色，并设法在社会事务中取得更多的发言权。也许，我们应当欢迎这种倾向，因为由于科学和技术的进展符合于社会利益，因而对此负有责任的人将会被赋予比他们通常享有的更大的权力。显然，这并不意味着物理学家和技术专家们能比政治家做出更好的政治决策。但是科学工作本身就教育他们客观地、真实地、而且更重要地是全面联系地考虑问题。因此他们可能会把符合逻辑的、更客观的以及更

尊重事实的方法引用到政治方面。如果我们相信这一点，那么我们就不得不谴责美国物理学家，因为自从他们听任别人作出使用原子能的决定以来，他们一直未能坚决地公开地发表谴责意见。因此我根本不怀疑，对于他们来说，从一开始，使用原子弹的罪恶结果想必是相当清楚的。”

“我不知道‘谴责’这个词用在这一意义上是否适当。我仅仅感到这一特殊方面我们碰巧比大西洋那边的我们的朋友更幸运些。”

在一九四六年一月，我们获释并返回德国，并终于投身于自一九三三年以来我们多次想过和说过的重建工作中去。但是，这个工作一旦开始就证明比我们原来想象的还要艰巨得多。凯塞·威廉学会——不论是它的原来机构还是房屋都不能很快地恢复起来。一方面是由于柏林的政治前途靠不住，另方面是由于同盟国的非难，或者其他的对凯塞的暗示憎恨。然而，英国人很好，把在哥廷根以前的空气动力学研究院的房屋提供给我们作研究之用，因而我们就搬到了哥廷根，那是我二十年前遇见玻尔以及后来在玻恩 (Born)和克伦特指导下学习的地方。普朗克在大战结束时被孙到这里，现在差不多九十岁了。他现在帮助我们配备凯塞·威廉学会的后继者，也就是建立一个能够使新老研究院的工作协调起来的科学团体。我相当幸运的是，在普朗克住房的隔壁为我的家庭找到了一所房子，因此他总是常常穿过庭院的篱笆同我们闲谈，偶尔也到我房间来听音乐。

在那些日子里，为了满足大多数新手的需要，甚至当研究院配备最简单的设备时，也要作出很大的努力，费很大的劲。但是尽管如此，大家仍然过得相当愉快。由于我们全都经历过前面十二个年头，今天谁也不会再说这件事或那件事

办不到了，一切看起来都象是可能的，当人们以十分喜悦的心情在一起工作时，我们能够感觉到，无论在科学方面还是在私人生活方面，一切几乎是逐日地好转起来，占领国各方面的代表给予我们以很大的帮助，事实证明，这些帮助远较单纯的物质救济大得多，它使我们有机会再次看到的一个较大团体的作用，并感受到人们对建造一个更好的世界的共同渴望。同时，这一切的形成是借助于对未来有理智的希望，而不是对过去的悔恨。

对我来说，促使我透彻地理解这一重大变化的是由于至今仍然记忆犹新的两次谈话。一次是战后我同玻尔在哥本哈根的首次会面，当时我拜访他的理由是很可笑的，我只是提到为了要转达我们对一九四七年夏天的月份里关于哥廷根气候的一些想法。英国特务机关从一位我们素不相识的人那里获得了苏联人正打算把哈恩和我绑架到离这里几里远的俄管区去的消息。当英国人确信俄国特工人员已经开始行动时，他们立即把我们俩转移到哈福德，那里正好靠近英管区的中心。在那里，当我静候事态的发展时，我获悉占领当局已计划安排我到丹麦拜访玻尔，我还接到通知说，有一位名叫罗纳德·弗雷泽的英国官员，他曾是我们在哥廷根的友好的管理人，他想同我和玻尔谈论关于我在一九四一年十月访问玻尔的事情。我们乘坐一架英国军用飞机从比卡布格来到哥本哈根。从那里我们继续转乘汽车到玻尔在提斯维尔德的乡间住宅。在那里，我们又一次坐在曾经是我们多次讨论量子理论的见证者——壁炉的面前。又一次沿着二十多年而我们拉着玻尔小孩的手从容缓步走向海滩的森林沙土小路散步。但是当我们试图追忆一九四一年秋天我们谈话的内容时，发现我们两人的记忆都变得模糊起来。当玻尔看起来十分确信我

在卡尔斯伯格也同样研究他的课题时，我确信在皮利耶期间一次晚上散步时，我已把一个关键性问题提出来了。但是玻尔能够记起来的一切都是些稀奇古怪的东西——这是我精心挑选的用词，他已经完全忘记了我当时提到的一些几乎不可克服的技术问题，以及我向他提出的他是怎样考虑物理学家在在这种情况下应该做些什么的问题。过了一会儿，我们都开始感觉到最好还是别去追忆那些使人伤心的往事了。

如同从前在巴伐利亚群山时一样，正是物理学的发展才使我们的观念从过去转变到未来。鲍威尔刚好从英国给玻尔寄来了一些看来过去一直没有辨别出来的基本粒子轨迹的照片。事实上，鲍威尔已经发现了π介子，这一发现，从那时起就一直在基本粒子物理学中发挥了重要的作用。当时我们立刻讨论π粒子和原子核力之间可能存在的联系。而且，既然新粒子的寿命看来比所有已知的粒子更短，因而我们就联想到很可能有许多其它类似的粒子，只是由于它们的寿命太短了，不容易被人们发现罢了。这样，我们看到了我们自己已经面临着一个引人入胜的广阔研究领域，我们，以及聚集在我们周围的年轻人，将有可能把我们多年的注意力转移到这方面来。拿我来说，就决心致力于那已在哥廷根修建的研究院。

我回到家里，伊丽莎白告诉我这里发生的绑架事件的全部真相。两个汉堡船厂的工人在我的屋子外面已于前一天晚上被抓起来了，很明显地，曾有人答应他们，如果他们能够把我绑架到停放在附近的一辆汽车上，就给他们一大笔现款。这一事实对我是个打击，然而整个阴谋是很不高明的。大约六个月以后，英国情报机关查明了这一事实的真相。原来是一个不满的前纳粹分子，找不到工作，他忽然想出一整

套计划以作为博得同盟国对自己的好感。他征募那两个船厂工人，仅仅是要向附近的英国人告发这两个工人是“劫持者”。虽然，象大多数阴谋家一样，他可以暂时欺骗人们，然而是不会长久的。这件事成为我们时常谈论的笑料。

我记得，第二次谈话使我深深地感到从过去转向未来是多么迫切。普朗克死后，哈恩成为重建我们组织的领导人，我们的组织现在已正式命名为普朗克学会，后来，哈恩成为这个学会的第一任主席。当时我正在帮助哥廷根生理学家赫尔曼·雷恩建立一个作为联邦政府和科学研究之间起桥梁作用的研究工作理事会。非常明显，科学的进步以及由此引起的技术的发展，不仅对我们城市和工业的重建方面将发生重要影响，而且还对整个欧洲的社会结构方面发生重要影响。在我们步行走过燃烧着的柏林大街期间，我曾告诉过巴登那特，对于政府是否给我们的科学研究以最大的帮助我并不非常关心，我所特别关心的是，使科学对政府的决策施加更为广泛影响提供保证。我坚信，那些主持德国新政府的人们必须经常牢记他们的责任，不仅在于要求他们去平衡利益的冲突，更在于要求他们注意到许多现代世界特殊结构本身所引起的令人讨厌的现实；而逃避现实，丧失理性，只能导致灾难。换句话说，我希望在社会事务中，首先为科学争得一些主动权。在这个问题上，我同阿登纳进行过多次谈话，他表示对我完全支持。同时，很多大学和地方政府官员也正在努力恢复那个在二十年代由斯密特-奥托所领导的德国科学非常协会，这个组织在第一次世界大战后曾为德国的科学事业做出了难以估量的贡献。但我觉得试图恢复旧的一套是不适当的，政府早就应当在财政上支持科学研究，但政府采取的平衡利益冲突和逃避现实的两种做法又必然导致政府与

科学相分离，这种与时代完全不协调的做法同样打击着我们。在这一问题上，曾经引起了很多激烈的辩论。使我记忆犹新的是我与法理学家路德维希·雷芝的冗长谈话，他后来成为科学理事会的主席并任职多年。那时我极力主张他所支持的临时联盟应该有助于促进根深蒂固的德国人排除厌恶现实和企图缩到象牙宝塔去以求得自身安全的倾向。雷芝非常简单地回答说："我们俩都不可能有希望去改变德国人的性格。"我立即感到他说的是对的，以个人的意图从外界强加压力来改变大多数人的看法是办不到的。事实上，尽管有阿登纳的支持，但我自己的计划仍是落空了：我不能把大学和教育当局争取到新的观念方面来。在外界的压力下，花了整整十年的时间，才通过举行协商会议的方式创设了一个学术研究部，来协商处理我以及与我有同样看法的同事们所提出的部分建议。同现代世界的需要步调一致，这是普朗克学会十分容易做到的。此外，我们唯一值得宽慰的是虽然经过长期的论争，但教育更需要改革的建议总还是被采纳了。

第十七章

实证主义、形而上学和宗教

（一九五二年）

国际接触一恢复，这些老朋友们又集中到一起了。一九五二年夏初，原子物理学家们聚集在哥本哈根，讨论欧洲的一个加速器的建设问题。我对这个项目很感兴趣，因为我希望这个大型加速器，将有助于我们确定是否如我所假定的那样，两个高能基本粒子的碰撞，会导致很多其他粒子的产生；或者，确实有我们称为假定的许多新的粒子存在，如果这样，就象原子或分子的稳定状态一样，它们的区别仅在于它们的对称性、质量和寿命的不同。会议的主要议题是关于大量人员的集中的问题，若是我不在那里作报告，简单地说，只是因为在会议期间我必须同玻尔和泡利进行一次谈话。泡利从苏黎世回来，我们三个人坐在玻尔公寓中向着公园的一间小暖房里。我们讨论的是一个旧题目，即：二十五年以前，在极小的范围内，我们关于量子理论的解释，看来是正确的，不知道我们的思想此后是否成了所有物理学家基本思想方法的一部分。关于这一点，玻尔说：

“不久前，在哥本哈根开了一次哲学家会议，参加会议的大部分是实证主义者，会议中，维也纳学派起着重要的作用。我被邀请去给他们讲量子理论的解释。在我讲演后，没

有任何人表示反对者提出质疑。然而，我觉得这件事本身对我来说，实在是太失望了，因为第一次接触量子理论而没有震惊的这些人，是不可理解的。或许是因为我讲得太糟了，以至于没有人知道我所讲的东西是什么。”

泡利反对说：“毛病不一定出在你这里，实证主义的信条的主要论点，可以概括为事实必须被认为是当然的，不一定要被见到。我记得维特根斯坦说过：‘世界存在于各种事物的状态之中’，‘世界是各种事实的总和，而不是事物的总和。’现在，假如你从那个前提出发那么任何关于‘联态’的理论就必定会受欢迎。实证主义者们推断量子力学能够正确地描述原子现象，他们没有什么理由不满意。再说，如果我们再增加诸如并协性、概率、干扰、不确定关系、主体和客体的分界点，等等，对他来说，恰如一些装饰品，最多是回到近代科学出现以前的思想，是一种不着边际的、闲着没事的瞎谈。或许这种态度在逻辑上是可以的，但果真这样的话，当我们说我们已经理解了自然界的时候，对于任何人我都无法充分地告诉他们我们的意思是什么。”

我插话说：“实证主义者会宣称，‘理解’就等于‘预测能力’，如果我们就能预测几个人特殊事件，我们至少理解了自然界的一小段；如果我们能预测好多个事件，我们的理解就相当了不起了。从极少的理解到差不多对每一件事情的理解，有一个连续的变化。但是在预测能力和理解之间并没有本质上的区别。”

“你自己相信存在这样的区别吗？”

我回答说：“是的，我深信它存在，而且我想，我们大约在三十年前，骑自行车沿着瓦尔澄西湖旅行时，曾经讨论过这个问题。让我用一个类比来说明吧。假如我们在天空看

到一架飞机，我们能够假定它一直是在直线上飞行，确信在两秒钟之后它将在什么地方，如果它有所倾斜，那它就会画出一条弧线，尽管我们在大多数情况下有可能是对的，但我们仍然不能宣称‘理解’了飞机飞行的轨迹，只有当人们告诉我们，预先跟飞行员说了，并且知道了他打算如何驾驶，我们才能说理解了它的飞行。”

玻尔不完全满意，他说：“我想，你也许会发现，把你的比喻用于物理学是困难的。我完全赞成在实证主义者们所希望的有关事情上，而不是他们所拒绝的有关事情上，让我解释一下。正如我们所知道的，他们的见解部分地来自英国和美国，但实际上英美的见解比早期的思想并不怎么系统化，他们的见解在决定着现代科学曙光产生的社会精神气质中扎根。从前，哲学家们集中于对这个大宇宙的争论上，他们依据经典权威们的教导，主要是亚里士多德的学说和基督教的教义，来分析宇宙，而实验数据则被当作不重要的东西不予理睬，只关心大的画面。其结果，各种异端出现了，而哲学却没有进步。毕竟经典的权威们还是死了。十七世纪初，从这些经典中解放出来，转向实验，即转向具体数据的实验研究。

“据说，象伦敦皇家学会这样有名的科学团体，开始创办的时候。就试图依靠有计划的实验去根除迷信，驳斥大量地流行于魔法书中的观点。有这样一个说法：如果一个棒槌放在一个用粉笔画的圈子里，在半夜时去背诵一定的魔咒，它便将着魔。因此，科学家们就在桌上画一个圆圈，把棒槌放在圈的中央，背诵那种必要的魔咒，并且让所有的人来看它竟是如何逃开。在另一个有名的科学院里，院士们发誓将永远不讨论大宇宙的问题，只讨论具体的事实。关于自然界

的理论，此后将只依靠单独的一组现象，而不依靠它们的种种联系。一种理论模式成为一种行动方针——类似于现代工程师的包括着大量常用的事实资料的笔记本里写的，材料的抗强度。甚至牛顿的著名格言——‘我不知道世人怎样看我，但在我自己看来，我只是象一个在沙滩上玩耍的男孩，一会儿找到一颗特别光滑的卵石，一会儿发现一只异常美丽的贝壳，就这样使自己娱乐消遣；而与此同时，真理的汪洋大海在我眼前却未被发现。’——这个名言一直体现着现代科学诞生期间的行为准则。不用说，牛顿所作的比起这个至理名言要多得多，他用数学公式表述了包含大量自然现象的基本规律。但他仍感到，这是一件‘应当保持沉默’的事情。

“这是完全可以理解的，在他们的反对权威和迷信的反叛中，科学家们常常走得非常远。比如，曾经有过许多关于从天上掉下石头的古老的报道，一些修道院和基督教教堂，都把这些石头当作圣物保存起来。到了十八世纪，所有这些报道就不再属于迷信的范围了，而修道院则要求把这些没有价值的石头扔掉。法兰西科学院甚至通过一项特殊的决定，此后拒绝接收陨石，即使对落在巴黎近邻的许多陨石也不例外。我谈到的这件事，至少描绘了现代科学产生的典型的心理状态。要你回忆有多少新的实验和多少科学过程，已经准确地从这种状态中摆脱出来，是没有必要的。

“现在，所有实证主义者正在企图要做的是给予现代科学的程序提供一个哲学基础，或者，如果你喜欢的话，可以把它说成一个根据。他们指出，早期哲学家的观念，缺乏科学概念的明确性，他们认为传统哲学家所提出的和所讨论的问题，根本没有意义，都是些虚假的问题，顶多是些不值得注意的问题。实证主义者强调概念的清晰，当然我是完全赞

成的。但他们禁止对更广泛的问题的讨论，简单地只是因为我们没有明确划分这些领域的足够的概念，不去做对我来说看来十分有用的事情，而这一点同样会妨碍我们对量子理论的理解。”

泡利说：“你说，这会妨碍我们对量子理论的理解，你的意思是不是说，物理学不是简单地由实验和数学公式所组成，还必须在它们两者相遇的地方进行推理研究？换句话说，我们必须用日常语言来阐明实验和数学的严格的相互关系？我自己就十分怀疑，量子理论的所有困难都能在这次会上提出来，实际上，大多数实证主义者采取的是假装不知的态度，这显然是由于他们那狭隘的观念在这个问题上遭到破坏。实验物理学家必须能够说明他的实验，尽管他完全清楚地认识到，他们所提出的是关于自然界的一种不充分的描述，但他还是被迫采用经典物理学的概念这是他的基本的矛盾，而且是他不能简单排除的一个矛盾。”

我力图指出：“实证主义者，在他们所说的明晰性问题上惊人地顽固。我记得弗兰克有一本论因果关系的书，在这本书里，他不顾整个问题的联系并坚持说，它们都是旧形而上学的问题，是来自前科学或万物有灵论的思想。比如，他把生物学中的‘整体性’、‘生命力’等概念都当作前科学的观念，加以抛弃，并试图证明所有陈述中的概念都一样，没有可证实的意义。对他说来，‘形而上学的’就是‘不健全的思维’的同义语，而且成为到处滥用的一个口实。”

玻尔说：“这种语言的限制，对我说来，似乎并不是经常碰到的。你完全知道席勒的诗：‘孔子的格言’在这诗里包含着值得注意的两行：‘唯有完美的思想是自明的，而真理则隐藏在深处’。在我们这里，完满的思想不仅在经验上是充足

的，而且从总体上来说我们能够解释面临的问题和有关现象，概念上也是充分的。当我们讨论量子理论的典型规律和所观察的现象之间的奇异关系时，我们只能运用所有不同类型的概念，从不同方面去说明这种关系并提出它的明显的矛盾，才使我们能够有助于我们的思维过程的转变，这种转变是真正正确理解量子理论的必要条件。

“比如说，人们经常说量子理论不能令人满意，因为它依赖‘波’和‘粒子’互补的概念，它几乎妨碍了对自然界的整体的描述。然而，所有真正理解量子理论的人，做梦都不会把它叫做二元论，在他们看来，尽管用它来解释实验时，不得不有着不同的形式，并且不得不把它翻译成日常语言，但它仍是原子现象的统一描述。量子理论以自成一格的真实画面，向我们证明，我们完全可以理解一种联想，尽管我们只能在隐喻和比喻中来谈论这种联想，但事实上，隐喻和比喻在经典的概念中也是大量的，如‘波’、‘粒子’。它们都不能对现实世界进行充分地描述而只是部分地补充它，因此也就产生了矛盾。虽然如此，由于我们只能用日常语言来描述自然现象，所以我们也只能希望在这种隐喻的意义上来理解客观事实。

“这大概是所有普通哲学、特别是形而上学哲学问题的真实含义。我们不得不在无法清楚地表达我们的思想的隐喻和比喻中来说话，我们也不能逃避偶然的矛盾，然而隐喻却可以帮助我们对客观现实进行较切近的描述。任何一个人都不会否认它们的存在，‘真理隐藏在深处’这个主张的真理性，并不比席勒诗中的头一个命题更少。

“你提到弗兰克关于因果关系的书，弗兰克是参加哥本哈根会议的许多哲学家之一，会上他作了一个报告。在报告

中，他用‘形而上学’这个词，就象用一个咒词或者简直就象对于非科学的思想的一种委婉的说法。他讲完以后，我解释了我的立场，我大约是这样讲的：

“我开头就指出，我看不到有什么理由，‘元’这个字头要专门留给逻辑学和数学——弗兰克讲过元逻辑和元数学——而在物理学中为什么就该是受诅咒的。无论如何，这个字头最少可以启发我们去探索未来的问题，亦即探索那些有严格规定的基本概念的问题，以及为什么我们就不能在物理学中去追问这样的问题。然而，现在我要从相反的结果讲起。以‘什么是专家’的问题为例，许多人说，所谓‘专家’就是一个在他所从事的学科上知识渊博的人。关于这一点，我要反驳说，没有一个人对任何学科都知道得特别特别多。我倒是十分欣赏下面这样的定义：‘专家’，是一个在他的学科中知道可能产生某些最严重错误并且知道如何避免这种错误的人。据此，弗兰克早就该称为一位形而上学专家，一位知道如何避免形而上学的某些最严重错误的人，虽然我并不是完全有意这样说，我还是不能完全相信弗兰克会非常高兴地接受我的称赞。在这样的整个讨论中，对我们说来，重要的事情是我们不能简单地说，不存在‘潜藏在深处的真理’，那样就意味着采用了一种非常奇特的观点。”

那天傍晚，泡利和我继续讨论着。这是一个长夜的季节，空气是温和的，薄暮一直延续到将近午夜，就象太阳接近地平线时，城市沐浴在柔和的淡蓝色的光线之中一样。于是，我们俩决定沿着兰格利尼散步。这是个美丽的港口，船上的货物卸在两旁。在南边，兰格利尼起于崎岖不平的山地，安徒生的小美人鱼突起在海滨的岩石上；北边，连接着转入内湾的防波堤，在那里，用一个小灯塔标记着弗里哈纹

港的出入口。在暮色中我们看了一阵船舶的进进出出，过了相当一会儿之后，泡利说：

“你对玻尔关于实证主义的评述完全满意吗？我的印象是，你对他们的批评甚至比玻尔还多。或者说，你的真理的标准同他们的根本不同，而且我不完全相信玻尔会在某种程度上同意你的看法。”

“我无法对你说出别的什么，毕竟，玻尔是生长在这样的一个时代，在这个时代里，表现个性的巨大力量，以便从十九世纪中产阶级观念的、特别是基督哲学教育的泥坑中跳出来是完全需要的。由于玻尔已经作了这种努力，显然他将不愿随意使用传统哲学的语言，更不用说宗教了。你和我同他则是处在完全不同的两个时代，——在卷入了两次世界大战和两次革命之后，我们可以不需经过很大努力，便有能力拒绝大多数的传统。我还认为，早期哲学的问题和观念，仅仅是由于它们不能用比较清晰的语言来表述，就把它们拒之于思想之外，是极为愚蠢的，这一点，我想玻尔也会同意的。的确，在把握思想的交流上，我常常遇到巨大的困难，但是，只要碰到了，我总想力争把它们翻译成现代的命题，从而发现它们在那里有着新的答案。但是，我并不反对重新审查古老的问题，甚至我不反对使用古老宗教的某些语言。我们知道，宗教是用隐喻和比喻来表白的，它们永远不可能同所试图表达的意思完全相符。但在仔细分析后，我相信，所有古老的宗教，想解释的都是同一个内容、同一种关系，即一切都围绕着有关价值的问题。现今考虑到指出这样的秘言的含意确实很困难，实证主义者也许是正确的。但是由于此后一直非常明显地涉及现实的严厉形势，因此，我们应该全力以赴去把握它们的含意；假如它不能长期地被禁固在古

老形式中，或许我们应当努力把它放到现代语言里来。”

“如果你这样来思考这个问题的话，显然你不能同意真理和预测能力是相同的说法。但是，在科学中你自己的真理标准又是什么呢？在玻尔那里，你曾说，它莫明其妙地很象是一架飞机的飞行，可我却不能准确地看出来这种关系在哪里，自然界的哪一部分可以被假设为同飞行员的意图或指令相似呢？”

我试图解释说：“象‘意图’或‘命令’这样一些术语，适用于人的行为，在用于自然界时，大多作为隐喻。我们可以发现，回顾一下我们那关于托勒密天文学和牛顿行星运动概念之间的原始的比较，还是很有益处的。如果预见能力确实是真理的唯一标准的话，那末，托勒密天文学一点也不比牛顿的天文学逊色。但，如果我们回顾牛顿和托勒密的差别，我们就会获得这样清楚的印象：牛顿行星运动轨道的数学表述比托勒密的更充分、更正确；可以说，牛顿描述了一幅自然自身建造的图画。或者从现代物理学中举例来说，当我们学习具有普遍性特征的能量、电荷等等守恒原理时，它们适用于物理学的所有领域，而且，由于它们固有的和谐性而变为基本规律，于是我们可以冒昧地说，和谐性是自然界所创造的图画中的决定性元素。在这样说时，我清楚地知道‘图画’、‘创造’的词义是从人类经验中借来的，它们最多只是一个隐喻。但是，要看到日常语言在这里显然有所不足是非常容易的。我认为，这就是我要说的有关我自己科学真理概念的全部。”

“确实如此，但实证主义者还要反对你那含混的和没有意义的说法，因为他们自己就是明晰分析的模范。然而我们应该到哪里去寻找真理呢？是在含混中，还是在明晰中呢？

戈尔引述了席勒的‘真理隐藏在深处’的说法。但存不存在这样一个深处，又有没有真理呢？或许这个深处具有生和死的含意？”

数百码以外的地方，一架班机滑过，它的明亮的灯光，在蓝色的黄昏中，看来完全是神话和虚幻。稍过片刻，我思索着船室窗户后面那些正在戏耍的、有点醉意的人们的命运，突然，泡利提出一系列的问题把我的思绪打断了。这些问题是：“这条轮船准确地说是什么？它是一个具有中央动力站和电流的生铁的集合体吗？它是人们的意向的表现，即从人们的相互关系中产生出的一种形式吗？或者，它的创造力不只是使用在蛋白质分子上，而且也使用在钢和电流上的生物学规律的一种结果？‘意向’一词仅仅反映人类意识中的这种创造力的存在或仅仅反映生物学规律的存在吗？那么，‘仅仅’一词在这种场合中又意味着什么呢？”

此时，我的沉默又使我独自地转向更一般的问题。在这个有序的世界结构的背后，要寻找一种“意识”、寻找一种由“概念”构成的“意识”，岂不是绝对地荒谬？当然，提出这个问题本身就是一种神人同形同性论的错误，因为“意识”这个词，毕竟是建立在人类经验基础之上的，因而必须把它限制在人类这个范围。但是，在这种情况下，当我们有一个强烈的感觉，以为我们能够如此煞费苦心地谈论动物意识的时候，我们也将是错误的。我们觉得，如果我们将“意识”一词用到人类范围之外的时候，它的意义就变得比较一般，同时又比较模糊了。

实证主义者有一个简单的口号：必须把世界划分为我们能够清楚说明的部分以及我们只能对其保持沉默的部分。然而，谁能想出一种哲学看起来能够清楚地加以说明，其结果

什么事也不得要领，什么也说明不了呢？如果我们把所有不明白的东西都忽略掉，我们就可能只剩下完全无意义和毫无价值的同义反复了。

泡利打断了我的思路，他说：

“你早先说，对于宗教的隐喻和比喻并不陌生，而且由于各种理由，你对于实证主义的限制不满意。你还暗示，不管他们的隐喻有什么差别，如你所指出的，各种古老的宗教涉及的都是同一个事实，即都是直接地和价值问题有密切关系。那么，你的意思又是什么呢？刻板的宗教论据同你的真理概念又有什么相干呢？”

“价值的问题，只不过是我们的行为、目标和道德的问题。如果我们是处在人生的航程之中，那它就是关系到我们所必须驾驶的航船的罗盘。这个罗盘，各种各样的宗教和各式各样的哲学有着不同的称呼：幸福啦，上帝的意志啦，生活的意义啦，等等，这恰恰涉及到行为、目标和道德这么几个方面。这些叫法的区别，反映着不同的人群对所认识的东西的深刻差别。我并不希望忽略这些差别，但我对所有企图去表达对于中心秩序的人的相关性的种种系统的陈述，有着清晰的印象。当然，我们都知道，我们自己的现实依赖于我们的意识结构；我们能当作客体的东西，只不过是我们世界的一小部分。但是，当我们力图进入这个客观领域时，我们就不能不顾中心秩序，或者把人们在这个领域活动的形式看作是纯粹的幻影和偶然的东西。不可否认，一个独立的客观领域，一点也不小于一个民族，甚至有时可能是一个混乱的国家。魔鬼们可能倒行逆施造成大量的灾祸，或者，科学地说，从中心秩序中割裂出局部法则，或者使其不适应于它，也可能全部被接受下来。在精密的分析中，‘中心秩序’习惯

地叫作'一'，我们在宗教的语言中，用它互相交谈必定成功。当人们在寻求价值的时候，他们可能是想寻求一种同中心秩序和谐一致的行为，借以清除割开的局部法则产生出来的混乱。'一'的力量可以把我们认为好的有序的同坏的无序和混乱的大量事实集中起来。一个被原子弹所毁坏的城市，使我们情绪低落；而一个由沙漠改造成的花草茂盛的牧场，却使我们心旷神怡。在科学中，凭着我们能够使用'自然界按照本来计划创造'的隐喻这一事实，中心秩序便能够被承认。在我的谈话中，我的关于真理的思想，在宗教和经验事实之间是相抵触的。我觉得，自从我们理解了量子理论以来，这个重要的论点，变得更加明确了。因为量子理论有助于我们在抽象的数学的语言上，对一个更广阔的领域建立起秩序。我们试图在日常用语中去表达有序过程，我们便又回到比喻上，互补观点就陷入似是而非的议论和明显的矛盾之中。"

泡利说："我可以同意你在这方面的大部分意见。但是，当你说那个中心秩序一定成功时，那又意味着什么呢？它存在还是不存在？在说它成功的那个地方有何意义呢？"

"我所说的全都是些平常的事实，例如，每当冬天过后，牧场便进入了繁花盛开的季节，因此，每当战争结束的时候，城市被重建，一次又一次的毁灭为秩序开辟了道路。"

我们在沉默中走着，很快便到达了朗格利尼湖的北端，我们沿着堤一直走到小灯塔跟前。在北边，我们还能看到一条红色的光圈；在这个高纬度地区，太阳离地平线下面并不远。港湾的轮廓依然清楚地呈现在那里，我们在长堤的尽头站了一会儿以后，泡利十分突然地问我：

"你相信一个有人格的上帝吗？当然，我知道要给这个

问题加上明确的含意是多么的困难，但你也许能够估计出它的大意吧。”

我反问道：“我可以变动一下你的问题吗？我自己将选择下面的陈述：事物或事件的中心秩序的存在，看来是无疑的，但是你，或者任何一个什么人能象伸手抓别人的灵魂那样伸手抓到它吗？我使用‘灵魂’一词完全不是故意的要造成误解。如果你象上边那样提出问题，我要说是这样的。因为我自己的经验并不那么重要。我可以接着告诉你关于巴斯卡尔（Pascal）的有名的文章，他把它缝在自己的夹克里。文章以“火”字打头，用这些话开始：‘上帝属于亚伯拉罕、伊萨克和雅可布——而不属于哲学家和智者’。在这种特殊的形式里我向往这个目标，但这篇文章不适用于我。”

“换句话说，你认为你能够象知道另一个人的灵魂一样地知道中心秩序吗？”

“也许可以。”

“为什么你要用‘灵魂’一词，而不简单地说另一个人呢？”

“显然，因为‘灵魂’一词，涉及到中心秩序，对于一个人来说，他的内心世界同他的外部表现，和我们的认识过程可以说是很不相同的。”

“无法确信我同你的观点是不是完全一致。但是，无论何，我们一定不要夸大我们自己经验的重要性。”

“当然不能夸大，但科学也是建立在忠实地汇报个人经验和他人经验基础之上的。”

“或许我应该改变我的问题的措辞。但还是让我们回到我们原来的实证主义哲学问题的讨论上去。因为这个问题妨碍着我们刚才开始的正要得出结论的许多题目的讨论。在那

种意义上说明实证主义是完全从价值的世界脱离了呢？在原则上它不能够包括伦理学吗？”

“初看起来，好象是这样，但历史说明，这也许完全是另一种道路。无论如何，现代实证主义终究是从实用主义发展而来的，而实用主义告诉我们，不要抱手而坐，而且，对于我们自己的活动应负有某种道义的责任，无论什么地方，我们都应该去伸手，即使这样做并不意味着一夜之间改变这个世界。在这方面，实用主义对我说来，大大超过了古老的宗教。因为古老的宗教教义太容易引导人们走向消极服从，它劝说人们向习俗屈膝。事实上，一个人可以靠自己的行动改善许多事情。在你会跑之前先学会走，这是现实世界中一条很好的原则，甚至在科学中，也仅是些预备好了的、不必在广泛的现实中白费气力的东西。不管怎样，其实牛顿物理学也是对细节的小心研究和关于自然界的整体观念的结合。不幸的是，现代实证主义错误地不顾广泛的现实，想使它安心处于黑暗之中。我可能有些夸张，但最少可以说，实证主义并没有鼓励人们去仔细思考这个课题。”

“你的批评是很公道的，但对于回答我的问题上却是失败的。如果实用主义和实证主义的混合，沦为一种伦理教条，——那你确是正确的。这一点从他们所做的和在美国和英国的一些著作中，我们都可以看到——那么，在他们的航行中，用什么作罗盘呢？你宣称在精确分析中我们的罗盘必须是具有中心秩序的关系，但是在实用主义那里，你在那儿能够找到这样一个关系呢？”

“我同意马克斯·韦伯的意见，最终，实用主义是把它的伦理学建立在加尔文主义之上，即建立在天主教之上。如果我问一个西方人，什么是善？什么是恶？什么值得争取？

什么应该抛弃？我们将一再发现，他的回答反映着基督教的伦理标准，尽管他长期没有涉及基督教的隐喻和比喻。假如磁力引导着罗盘——那么除了中心法则，还有什么是它的源泉呢？——将永远变得无效了，对于人类来说，可怕的事情将会发生——甚至比集中营和原子弹更可怕得多。但我们却不站出来观察一下这种黑暗的根源。让我们希望这个中心领域再次指明我们的道路，或许有一条完全无容置疑的道路。就科学所考虑的来看，毕竟玻尔确实很好地改正了实用主义和实证主义宣称的那种对细节的精确注意和对语义明确的要求。只是在涉及到它的禁忌时，我们才反对实证主义。因为，如果我们可以不再讲或甚至不去想有关更广泛的联系，那么，我们就没有一个罗盘，因此也就有迷路的危险。”

尽管时间已经很晚，一只小船很快地靠近堤边，把我们带回康根斯·尼托勃夫，从那里到玻尔的家就很方便了。

第十八章

科学的和政治的争论

（一九五六——一九五七年）

在第二次世界大战结束之后的十年中，战争所造成的巨大破坏已得到恢复，至少在西德，重建的工作已取得了很大的进展，以致使德国参与原子能的事业成为可能的了。一九五四年秋天，我受联邦政府的委派，前往华盛顿参加有关在联邦共和国恢复这类工作的初步会谈。在战争期间，德国虽然不缺乏必要的技术和知识，但并没有把试制原子弹变为现实，这种情况也许会使谈判获得顺利的结果；在任何情况下，允许我们建造一个小型的原子反应堆，从很多方面看来，德国和平发展原子能事业的一切限制，好象将会很快地被取消。

在这些环境下，联邦共和国已确定新的指导路线。当然，第一项工作是建设一座研究性的反应堆，物理学家、工程师和比较普通的德国工业可以在这里逍遥自在地学习新的技术。毫无疑问，由威尔兹领导的、作为我们在哥廷根的普朗克物理学和天体物理学研究所的特殊的部门，将对这一研究项目起到重要作用，这不仅仅由于这个部门熟悉战时反应堆的工程，而且是因为这个部门的成员已经通过文献和学术会议，全面掌握了后来的发展动向。由于上述原因，阿登纳经

常邀请我去参加官方的讨论，以及政府有关研究德国工业的会议，以便使所拟定的计划更具有科学性。对我来说，这件事情虽然并不令人惊奇，但却是完全新鲜的：就是在一个民主的国家里象开辟原子工业部门这样重要的决定，也是不能单独建立在自己实力基础上的，而需要对各种利益进行精细的权衡，因为各种利益是很难识别的，往往使这个有效计划很难通过。由于这件事所引起的对政治家的责备是不公平的；相反，把各种矛盾的利益调和一致，这是他们最重要而且值得赞扬的社会责任之一。然而，由于我自己没有平衡经济或者政治方面的经验，因此，在会谈中我心有余而力不足，比起我所要达到的愿望来要差得远。

从同我密切合作者的谈话中，我已经察觉到在紧靠我们研究所的附近要建设第一个反应堆，这确是一个好主意。这意味着研究所本身必须找一个大得多的地盘，而且我是赞成搬到慕尼黑附近的。因为我从童年和学生时代起就对这个城市有着美好的记忆。暂且不说这一点，慕尼黑还是一个非常重要的文化中心，一个对新思想开放的地方。慕尼黑这么吸引着我，还由于它对研究所特别有利。对于研究所和新诞生的原子技术中心的关系来说，我感到密切的合作，是确保研究所在战时已经取得的经验获得最大利用的最好途径，而且由我们研究所培养的原子能工程师，将致力于和平发展事业，而不是为其他目的而去利用这一中心的大量资源。然而，没过多久我就意识到，在我们国家里具有最大影响的企业家，并不希望看到如此重要的工作在巴伐利亚进行；不管恰当与否，他们认为惠尔特堡是最合适不过的了，可是他们最后选择了卡尔斯鲁赫。与此同时，巴伐利亚当局为研究所本身在慕尼黑提供一套新的房屋，但是事前没有请威尔兹带他

的反应堆小组到卡尔斯鲁赫，弗里德利希又被任命为汉堡大学哲学教授。

对于这一事态的发展我是很不高兴的，虽然他们满足我个人的关于搬到巴伐利亚的愿望，但是，这些发展完全不顾我们研究所近期现实的原子研究的兴趣。看到自己和弗里德利希、威尔兹亲密的长期合作将要结束，我感到忧心忡忡，担心新的卡尔斯鲁赫中心或迟或早，可能落到不特别关心原子能和平利用的那些人手里。我同时感到恼火的是，和平应用和军事应用两者间已经形成的更重要的决定性界限，和应用研究、基础研究一样，都被作出决定的那些人完全混淆了。

这些焦虑随着这样的事实增加了：即政治家和经济家同大街上的人不同，有时也会偶尔谈到原子武器已经变成一种可以接受的国家防御手段，象在世界其他地方应用一样，在联邦共和国发挥它们的作用。另一方面，象我的大多数朋友一样，我深信原子武器将只会削弱联邦共和国的国际地位，由于叫嚣原子弹，我们简直是在摧毁我们的事业。因为国外仍然记得战争暴行的恐怖，国外广泛的政治舆论将决不容忍德国进行原子讹诈。因此，我多次应邀去跟联邦总理会谈，总理同样也相信联邦共和国在重新装备的这个领域里，将决不比她的盟国做得更多。而且在这一方面，作为一个满意的政府来说，必须尽全力去平衡各种对立的意见。

在我所有的朋友中，弗里德利希是在这个问题上最始终如一的人，但他也终于被迫陷入政治的风险。我们的许多次谈话中的一次是这样开始的，当我问他："对于我们研究所的前途你的真实想法如何？对于把原子能事业从我们手中夺去的决定，我是非常担心的。当然，对于我们，我认为有许多其他的工作可做，但谁愿意被夺去呢？也许我的相当自私

的关于慕尼黑地点的建议是所有麻烦的根源吧，为什么计划的原子中心将被从马克斯·普朗克协会中砍掉，或许有更确实的原因吧？”

弗里德利希说：“在所有象这样的带有政治性的问题中，要想分清是非是极端困难的。我们所预见的技术的发展，对选择未来发展新的工厂的特殊领域必将会产生深远的经济影响。许多人在那里将找到职业，非常可能出现并发展新的住宅，附属工厂将如雨后春笋般涌现出来，并且生产兴旺。这就是为这样的发展而希望选择一个特别好的城市和地方的‘真正’理由。毫无疑问，你仍然记起在法尔大厅我们就原子弹的题目进行的交谈吧。我们在那里所谈的话同样适用于这里：一个场所的选择必须适合于联邦共和国科学和经济的全面发展计划。只关心反应堆在哪里建立最合适是不够的，同时其他的因素同样也要考虑进去，以便保证整个经济顺利地发展。”

“确实是这样。那么，在起草德国的原子能计划的时候，你认为这些考虑是头等重要的吗？”我问。

“老实说我不知道，我真正担心的也就在这个地方。正象你不怀疑从我们的许多谈话中所了解到的那样，对于大多数局外人，要明显地分清发展计划和基础研究或者武器和技术之间的界限是极端困难的。因此，尽管我们没必要过多地担忧技术的发展，然而有必要开辟一个中心来搞基础研究，而不是直接承担当前技术的发展。再者，为了军事上有可能应用的缘故而努力去鼓吹和平原子事业，例如关于钚的生产，这是最糟的。威尔茨一定能尽全力去阻止这种趋向，但是他可能在相反的方向上被强大的力量拖住。事实上，这么强大的力量不是个人所能制止的，因此，我们应该千方百计

以我们的力量要求政府发表有约束力的声明：德国将不试图生产原子武器。不用说，政府将会把它们的选择公开，而完全不可能让我们约束它们。我们可以发表一个公开的声明，但是人民对这样的声明可能失去信心。去年你和许多物理学家在玛琐岛聚会，并签署了一个联合声明。你对这个结果满意吗？”

“我确实是签署了那个声明，但我也确实讨厌那一类事情。你公开地声明拥护和平也好，反对原子弹也好，最后只不过是无聊的闲谈。每一个有理智的人都懂得拥护和平和反对制造原子弹，不需要我们科学家去告诉他们。政府必须在政治上考虑这些主张，他们将宣布自己完全赞成和平而反对原子弹，只不过是要增加辅助条款，当然，他们还是有一点点和平诚意的，这点诚意对我们人民来说是有利的，受到了人民的尊敬。与此同时，他们将尽最大的力量保卫我们免受外国原子弹的威胁。所以，我们仍然没有再向前挪动一步。”

“尽管如此，人民还会记起原子战争的恐怖，假如是毫无目的的话，你简直不应该签署那个玛琐声明了。”

“也许是这样。声明越一般化，约束性越少，它的价值就越少。”

“你说得很好，我们要更好地考虑一些事情，但我们还得去做一些事情。”

“大多数人把过去的政策——经济和政治力量的扩张以及武力讹诈，看作是最为现实的方法，尽管这在很久以前就已经是被颠倒了的事实。最近我听到一位我们联邦政府的官员说，假如法国拥有原子武器，那么联邦共和国也有权拥有这种武器。不用说，我立刻反驳他。在这场争论中，恐吓是不需要很多理由的，他的需要就是基本前提：他认为拥有原

子武器是理所当然的，是最大的政治利益，唯一的问题是如何得到它们。他把任何一个有不同见解的，或者想追究他的出发点的人，看作是没有希望的空想家，或者看作是一个隐藏着政治阴谋的骗子，例如是俄国间谍。”

“你的夸张是因为有人使你生气了。我们政府的政策必定比你想的更加合理些。不管怎么说和怎么做，在我们自己拥有原子弹和完全依赖别的国家之间还有许多中间阶段。我们仍然必须尽一切努力阻止向错误的方向发展。”

“这件事是非常困难的。如果说在最后的几个月内的发展中我将学习到一些东西的话。那就是：你不可能同时既是老练的政治家又是著名的科学家。是的，事情就是这样不能两全齐美的。两者中所做的事情都是全心全意的；欠缺全心全意毕竟是不那么好的。因此，我也许只能再一次致力于科学事业。”

“假如你埋头搞科学，那你就要做错事了。政治并不总是专家的保护伞，假如我们要防止一九三三年的灾难的重演，那我们每个人都应该发挥自己的作用。我们就是不能让步；说不定危险之所在正是原子物理学的发展。”

“你说得很好，如果你需要我的话，就尽管说。”

一九五六年夏天，当举行这种非正式会谈的时候，我感到厌倦和精疲力竭。在好多事情之中，与W·泡利的一次关于一个重要的科学问题的争论使我闷闷不乐，他不同意我的观点。一年前，在比萨的一次会上，我曾提出一个关于基本粒子理论的可能的数学公式的见解，对这个异乎寻常的见解，泡利表示不能接受。他曾经研究过与美籍中国物理学家李政道所提出的紧密相关的数学模型，并且得出曾经被我指出过错误的结论。我拒绝相信那些，而泡利为了这个缘故以他

所积蓄的全部锋芒批评我。

泡利从苏尔兹给我的来信中说："这些批评主要是想对你说明，在比萨的那次会议上，你对自己的工作几乎不理解。"

起初，由于我太精疲力竭了，对于有关的数学问题不能作出正确的判断，因此，我决定休息一段时间。为了达到这个目的，我跟全家一起回到里塞吉，那里是西兰岛上的海滨浴场，离玻尔的特斯维尔德夏季别墅只有六哩远。我想借此机会比较长时间地和玻尔一起度过。在他的殷勤招待下，我感到很满意，有许多个星期确实是快乐的。互访有助于消除我的疲劳，而且也给了我们重新恢复联系的机会。至于我与泡利的数学争论，玻尔也许知道，但不想卷进去，他感到没有能力去判断是非，因为数学的特性比起物理学特性要复杂得多。然而，他对于我所做的关于基本粒子理论基础的哲学前提表示同意，并且鼓励我沿着既定的方向继续前进。

从丹麦回来后的几个星期里，我患病卧床不起，无法工作，当弗里德利希和其他朋友们去向政府提出要求的时候，我也不能参加政治辩论。等我下床的时候，已是十一月底，那时正值召开"第十八届哥廷根会议"，由于很迟才通知我们，所以只好在我的家里聚会，并给德国联邦政府原子能部长斯特劳斯起草了一封信。我们在信中说，如果没有得到满意的答复，我们就有权在公众面前就重新装备原子问题发表我们的观点。现在，我对弗里德利希在这件事上所采取的主动精神感到高兴，尽管我自己在那时配合做的事情只是密切注视事态的发展和给予他道义上的支持。

在以后几周里，我康复得很慢，那时我试图去解决我与泡利争论的问题。基本上，争论的关键在于我所提出的见

解，因为物理定律的公式决定基本粒子的状态，自从量子力学引入以来，数学的空间已经为这一目的服务，而且对这一引入，就象对待希尔伯特空间那样，物理学家们有点不严谨。早在十三年前，狄拉克提出把这个空间引申为所谓“模糊量度”，但是泡利那时已经证明量子力学几率解释的值，在这种情况下，偶然假定负值和数学结果已经不再有物理意义了。大约在比萨会议的时候，他继续利用李政道模型提出的理论，对这个数学模型详细地提出反对意见。对我来说，我曾尝试使狄拉克的建议重新引起人们注意，主张在我所描述的特殊情况下可能会碰到泡利的反对意见，泡利当然对此是不相信的。

我现在决定应用泡利自己的数学方法，即他对李政道模型的分析，力求证明我提出过的特殊情况下的困难是可以避免的。此事一直拖到一月底，在我准备用书信的形式对泡利说明我的证法之前，很不幸，我的健康再一次恶化，医生通知我离开哥廷根去阿斯科那的麦吉尔湖疗养，由伊丽莎白看护我，直到完全恢复健康。我从阿斯科那与泡利的通信留下了最痛苦的回忆。我们俩进行了激烈的论战，双方都采用全部的数学方法，企图打破僵局。起初，我的论证不够清楚，泡利理解不了我的意思。我再三阐明我的理论，由于我没有理解他的反对意见，所以每一次总是感到恼火。最后，他不耐烦了，在信中说：“你寄给我的是一封很糟糕的信，几乎所讲的每一件事情都象是绝望的误解打击着我……你一再坚持你的固执看法和错误结论，好象你从没有看过我给你的信似的。我的时间正在白白地浪费掉，现在我能做的最好的事情就是结束这场无益的争论。”然而，我拒绝放弃争论，尽管我的病经常复发，遭受晕眩和忧郁的严重摧残，但我仍然决

心坚持我的观点。

差不多经过六个星期最紧张的努力，我最后终于成功地突破泡利的防线。他现在认识到我并非是对所讨论的数学问题提出通解，而是提出一系列的特解，因为我只要求它适用于物理学的解释。我们已经朝着和好的方向迈出第一步，并且通过共同讨论许多数学细节以后，我们俩终于满意地使问题得到解决，或者更确切地说，关于我所要建立的基本粒子理论非常规的数学图解不具有明显的自相矛盾。显然，解决问题本身并不证明我的图解是一个有用的理论，但为了相信沿着我遵循的路线前进已经找到解答，并证明我继续走下去是正确的，还要有附加的理由。我从阿斯科那回来时，在苏尔茨的克里尼克大学作了一次全面的体检，并借此机会与泡利进行了非常友好的会面，正如泡利自己得出的结论说，我们已经达到“令人厌烦的一致”。在我们后来的通信中，他所说的阿斯科那的论战完全结束了。

我在沃尔菲尔德的家度过以后的几个星期，我很快复原了。我一回到哥廷根，就得知关于重新装备原子问题的政治辩论进入关键时刻。当局拒绝采纳我们的建议，当我们了解到他们的理由时，愈加担心他们在相反的方向上行动。当阿登纳公开宣布原子武器的获得对于或多或少加强火炮的威力是微不足道的时候，料想我们的建议仅仅在核弹和常规武器之间存在着程度上的差别了。对于我们的想法来说这是一种欺骗，我们感到有必要对此进行揭露。弗里德利希建议，作为第一步我们应公开我们的观点。

我们大家很快地同意，我们不一定另外发表一个反对原子弹的抗议书，或者一个赞成和平的不具体的声明，而应该集中于在当时的情况下能够实现的既定的目标。对于我们来

说，这两方面都是十分明显的。首先德国人民对他们一点也不恐怖，原子武器的全部效力必须有全面的了解。其次，我们必须迫使联邦政府改变对原子战争的态度，原子武器的所有权在我们手里，非但不能增加我们的安全性，而是把联邦共和国的生存置于危险之中。因此，我们的呼吁是明确地针对德国的，而跟其他国家的政府和人民对有关原子武器的想法没有什么关系。最后，我们相信，要是我们每个人，严肃地拒绝参与原子装备计划的任何行动，我们的声明必将产生影响。我们感到，既然在战争期间就成功地避免了承担制造原子弹的义务，那么今天我们就更有权利采取这种立场。正义已经在我们这一边。其他人起草详细条文，因为我还在治病，所以有关的许多会议不用我参加了。声明的正文是由弗里德利希起草，经几次会议修改，哥廷根十八位物理学家一致通过。

一九五七年四月十六日，声明在报刊发表之后，在德国公众中产生了强烈的影响。仅仅几天，我们的第一个目标就明显地达到了，没有一个人说我们夸大了原子武器的作用。联邦政府内部也似乎存在分歧。阿登纳被这个违背他认真选择的路线的运动搞得心烦意乱，他邀请我们几位科学家，也包括我在内，到波恩进行讨论。我拒绝了邀请，因为我设想将不会出现任何新的或有益的意见，而且还因为健康的原因，我感到我应该避免紧张的辩论。阿登纳打电话请求我改变主意，我们大致沿着下面的方式进行了长时间的政治辩论。

阿登纳以指出这样的观点开始，即我们总已同意关于所有原则问题，和平发展原子能事业已在联邦共和国迅速进行，而我们的呼吁大概是出于一系列的误解。在这种情况下，他有权期望我们对他的意见予以仔细地考虑，也要对他

之所以要对原子武器极大通融的理由予以注意。他相信我们一听到他这些话，我们就会立即看出他的要点，把这些事实象我们那份声明那样广泛地公布出去，这对他来说是非常重要的。我答复他我病了，而且我还感到在象原子装备这样的关键问题，与他争论是力不从心的。我也不相信能象他设想的那样迅速达成协议，因为他象确有其事地对我们讲联邦共和国遭受来自苏联的直接军事威胁，而且，假如我们自己不准备作出重大的牺牲，而指望美国来保护我们的话，那是没有骨气的。现在我们对所有这些争论经过深思熟虑，也许会处在较好的境地，比我们的大多数同胞更好地判断美国人、英国人对我们德国怎么样。过去几年的历程已使我们深深感到，任何用原子武器去装备德国军队的企图，将会产生一个抗议的潮流，特别在美国更是如此，由此引起政治气温的下降所造成的效果，比可能的军事利益还要严重。

阿登纳回答说，他知道我们物理学家是相信人的固有的善良和痛恨使用暴力的理想主义者。他将完全同意我们已经发布的反对原子武器的呼吁及和平解决冲突的一般号召书，这些恰恰是他自己的目的。然而，在我们自己向德国人民特别表明我们的观点时，我们的语言看起来好象是故意要削弱联邦共和国。无论如何，这也许是我们声明的积极影响。

我对这条路线表示了最强烈的反对。我说，在所有的这类事件中，我确信我们已经起了清醒的现实主义者的作用，而不是理想主义者。我们认为联邦军队使用原子武器将会危险地削弱德国在世界的政治地位；我们的安全由于他的如此的直接关心，必将受到重新装备原子弹的最严重的危害。我们已经生活在一个防御问题彻底改变，例如，象中世纪的衰落阶级那样的时代，在愉快地改变这些旧的思想结构以前，

我们必须深刻地反映这些改变。我们的声明没有其他目的就是要使人民考虑这些路线，防止再次把我国引入歧途的、不符合时代要求的战术决策。

阿登纳感到难于接受我的理论，而且认为在这种情况下，作为一个物理学家的小团体，不应该干涉他根据政治大集团的利益而周密提出的计划。同时，阿登纳从我们的声明和公众对我们声明的反应中，一定认识到相当部分的德国人是站在我们一边的，不会比世界的其他国家人民少，我们的声明是不能被简单地从地毯上扫掉的。他试图再一次说服我去波恩，但是终于认识到要压服我是极困难的。

我不能用言词表达那时阿登纳对我们是如何之恼火。几年以后，他在给我的一封信中说，同他的政治上的分歧，他完全有能力对付。但是他毕竟是一个怀疑论者，并从此十分清楚地只在极小的范围内，去从事全部政治活动。此外使他高兴的是，在这些范围内，可找到行得通的道路，然而每当这条道路被证实比他想象的更加崎岖时，他便感到失望。他自己的界限不是建立在普鲁士模式上，即多年以前我们徒步旅行经过丹麦时，我与玻尔曾说过的模式。他也不具有冰岛-不列颠的北欧传统的自由意志论的观点。阿登纳的指导路线，是那些只在天主教堂中得到幸存、同十九世纪的社会学结合的罗马基督教的传统，尽管这种学说带有共产主义和无神论的表面痕迹，看来他仍然把它看作是基督教的根源。天主教的信念包含有一种良好的东方的智慧，而这种智慧正是阿登纳在困难时期汲取力量的源泉。我记得有一次关于在战俘营里的许多经历的谈话，那时阿登纳被关在盖世太保的监牢里，致使缺乏营养，而我当时却在英国度过相当愉快的时光。所以有一天当我问他是否有很多感受时，他说："好，当

你整天、整星期、整月地被关在一个小小的地下室，而且从未有电话或来访者喊你的时候，你就能静静地回想过去和展望未来，那简直真正是一件美事。”

第十九章

统一场论

（一九五七——一九五八年）

圣·乔居岛位于威尼斯港总督宫和小广场的对面，属于悉尼伯爵所有。悉尼伯爵在岛上办了一所专门培养水手和工匠孤儿、弃儿的学校，并修复了著名的旧天主教堂。在教堂的一楼专门备有几个富丽堂皇的房间作为客房。一九五七年在佩杜阿举行原子物理学会议时，这位伯爵在他的岛上盛情地接待了包括泡利和我在内的一些旧代表。宁静的教堂几乎听不到港口的噪声，可以随时驾船到佩杜阿去，给我们提供了许多关于目前原子物理学发展状况的谈话的好机会。

在这当中，最有价值的是年轻的美籍中国物理学家李政道和杨振宁的工作。他们俩人提出了镜像对称或左右对称的新见解，始终认为这两种对称能够被放射性现象产生的弱相互作用所影响，这本来是一种很明显的局部性质。事实上，吴健雄女士后来的实验十分清楚地说明，放射性的β衰变同时伴随着对称性的偏离，在β衰变的过程中，可以观察到发射许多轻粒子（称为中微子），如果是只有这种形式的，我们把它称之为左旋型，而当有反中微子出现时，我们则称它为右旋型。泡利对中微子特性特别感兴趣，因为他在二十年前就首先预言过它们的存在。他在很久以前就作了正确的证明，但

是，李政道和杨振宁的发现可以说是强有力地促进了旧模型的改进。泡利和我，总认为用这些简单的轻粒子所描述的对称也必定具有受自然规律支配的特性。现在，假如这些粒子确实是违背镜像对称的，那么，我们才能慎重考虑，镜像对称可能不是一个基本自然规律的主要方面，而是把它置于次要的地位，例如，从相互作用和由此引起效果的途径来看便是这样的。在这种情况下，镜像对称将通过数学形式所描述的双重过程中所产生。这种可能性对于我们来说看来是很大的激励，主要是因为它相当于基本的自然规律的简化。在很久以前，我们已经从一个意想不到的实验所表现的简化的研究中学到，我们必须充分地注意到：因为在这里，我们获得这样一种认识，由此出发，我们便能掌握到广泛联系的一些情况。从目前的情况看，我们已经感到李政道、杨振宁的发现，很容易把我们引向这种具有决定意义的新理解。

李政道本人也参加了这次会议，而且看来也赞同这个观点：我们在教堂的一次长谈中，他告诉我，他对“正遇到的困境”的那种重要的新关系非常抱有希望。泡利也同样深信不疑，一部分原因是他精通数学结构与中微子的联系，另一部分原因是早些时候，我们在“阿斯科那”的论战中，使他对于独立建立相对论量子场论已很乐观。他特别被双重过程或分度所吸引，即使不能用严格的数学术语去表述这种事实，但仍相信这个过程是造成镜像对称的原因，幸亏自然界是这种过程，用这种方法，有可能引进一个新的对称性。至于以后发生的对称干扰，比起分度来，我们仍然是不清楚的。然而，我们有时也会表达这样的观点，即作为一个整体的宇宙，自然规律在保持不变的情况下接着运算，未必必须具有对称性；换句话说，所观察到的对称的减少，可能是宇

宙的不对称的结果。当时，在我们的头脑中所有这些概念比著作中能够看到的更不清楚。无论如何，这种概念对我们所有的人都产生巨大的激励，而且一旦我们开始思考这些概念，要想轻易抛弃这些概念就成为完全不可能的了。有一天，我问泡利，为什么要这样过分地强调双重过程呢？他作了如下的回答：

“在较早的原子电子壳层物理学中，我们已经排除了来自经典物理的那些感性的模型。玻尔的对应原理强调，这样的模型尽管有一定局限，但还是有效的。但是，对于原子电子壳层数学形式的描述总是比这样的模型要抽象得多。事实上，把截然不同的而且是矛盾的模型，例如粒子和波，归结为相同的实际过程，是完全可能的，然而，在基本粒子物理学中，由于科学的分科非常抽象，所有这样的模型实际并不证明全然有用。假如我们希望在这些领域中把这些物理学定律写成公式，那么，我们必须从自然界本身所引入的对称性出发，或者用自然界所展现的空间的对称运算（例如位移和旋度）去表达它。这就迫使我们提出为什么这些存在对称运算，而其他的没有。我认为分度和双重的概念在这里将证明是完全有用的，因为这些概念不但有助于以一种不用费力的方式加深对自然界的认识，而且还可以引进新的对称。在这种理想的情况下，我们能够想象所有实际的对称性，已经成为这类分割的结果。”

当然，关于这些问题的实际工作还必须推延到我们开会回来之后才能做。回到哥廷根，我竭尽全力探索一个决定物质场内部相互作用行为的场方程　如果可能的话，那将描述自然界中能够被观察到的全部对称性。作为一种模型，我运用了被人们接受的最简单的β衰变的相互作用的特性，而且通

过李政道、杨振宁的发现，使这种模型有可能确定。

一九五七年秋末，我不得不就这些以及有关的问题在日内瓦进行一次讲演，归途中，为了和泡利讨论，我在苏黎世作了短暂的逗留。泡利鼓励我在已经进行的方向上继续努力。这正是我所需要的。在以后几周，我继续审查大量不同的能够被描述物质场内部相互作用的形式。非常突然在这些不同形式中，出现具有高度对称的波动形式的场方程，而它未必比原来的狄拉克电子方程更复杂。然而除了相对论时空结构外，它也包含着我们在一九三三年复活节假日滑雪活动中，曾想过的质子-中子对称。或许在更多的数学术语中提过它，它不仅包含洛伦兹群，而且也包含同位旋群。换句话说，它好象说明自然界中发现的大量对称性。我把最新的进展告诉泡利，他也同样非常兴奋，真象是第一次看到，我们有了一个远远足以包括全部基本粒子的波谱和它们的相互作用的框架，除去偶然因素外，一般来说足以确定在这个领域中的每个事件。于是，我们决定我们俩人将探索这个方程式是否能够作为一个基础为基本粒子统一场论服务。泡利建议把一直遗漏的几个对称性可以用分度过程的方法补在后面。

由于每一步都朝着这个方向进展，泡利变得非常热情，甚至在这之前和以后我从没有看到过他对物理学这么兴奋。几乎和过去的岁月一样，他对我们在理论上的所有努力都是严格要求而且是持怀疑态度的。不过，这对基本粒子的物理性质方面并没有什么影响，也没有全面的联系，这就决定了现在他要用新的场方程的方法去表示这种完整的关系。他变为坚定地相信我们的场方程，——在其简单性和高度的对称性中独一无二的场方程，对于基本粒子的统一场论来说必定是很好的出发点。我也被这种新的可能性强烈吸引着，看去就象

要去开启那至今还障碍着基本粒子世界的通口一把金钥匙一样。正因为这样，我也敏锐地意识到在我们的道路上还会有许多困难。在一九五七年圣诞节前不久，我收到泡利的一封信。这封信反映了这几周他巨大的欢欣鼓舞：

"……对称性的分割和简化，是这个畜性的核心！前者是一个古代的魔鬼的属性（它们告诉我原来'怀疑'的意思是'分为两个部分'。肖伯纳所写剧本中一个主教说：'请公平地对待魔鬼。'以便让他参加我们的圣诞节。但愿两个神圣的争论者——基督和魔鬼——能够注意到他们已创造出这么多对称性！请不要对你的孩子们重复这一异端，但请你对魏札克男爵讲一讲。

您的非常、非常诚挚的沃尔夫冈·泡利"

过了一周后，他又在一封信中写满了客套话："最衷心地祝贺您和全家新年好。让我们希望新年将给我们带来对基本粒子物理学圆满的认识。"在这封信中，他说：

"这种图景一直在变动。每一件事物都处在不断变化之中。尽管至今还没有什么东西可以发表，但肯定前程是无量的。没有一个人能准确告诉将会出现什么奇迹，我正在学习起步，但愿我运气好。理智再一次开始说话，希望之花再一次开放。我们不得不寻找生命的小溪，啊，生命之源——我们的精神向往！让我们在黎明之前去迎接一九五八年的曙光……今天足够了。这是强有力的材料……猫从袋中挣脱而且已经露出它的爪子：分割和对称性的简化。我已经同我的不对称一起出去会见它——我给它很满意的表演——于是使它处于静止状态……新年好，让我们朝着它一道前进。它是一个通向梯珀拉里的长路，是一条通往未来的大道。

您真挚的沃尔夫冈·泡利"

无需多说，泡利的信也包含大量的数学细节，但是要想详细讨论它们却是不容易的。

几个星期以后，泡利按期离开苏黎世前往美国，他被约请去那里讲学三个月。我不主张现在具有狂喜心境的泡利与清醒的美国实用主义相接触，因此我试图阻止他从此走开。很遗憾，他的计划不能够再改变了。于是，我们准备了一个联名发表的草案，并且按通常的惯例把它送给几位感兴趣的朋友。后来，我们被分隔在大西洋两岸，而泡利来信的时间间隔又很长。我想起来应注意他的疲劳以及因此而产生的中途告辞。但是在其他方面泡利仍然表示同意我们共同通过的方案。后来，他十分突然地写给我一封有些唐突的信，告诉我，他决定从我们俩人的工作和准备发表的草案中退出来。又说他已经接受草拟不再代表他现在的观点而具有新内容的草案。他给了我要做我希望有成就的工作的充分权利。此后，我们的通信中断了，我再没有从泡利那里得到任何进一步关于他突然改变主意的消息，我推测他免不了由于缺乏清晰的思想而失去信心。但是这也不能充分地解释他的行为。就我自己来说也意识到有困难，但我们毕竟经常在黑暗中一起摸索，就我自己所关心的范围而言，这种处境总是以最大的兴趣激励我。

直到一九五八年七月，在日内瓦我们俩出席一个会议以前，我没有遇到过泡利。在那个会议上，我是被约定作一个关于争论场方程的研究现状的报告，泡利对我的态度几乎是敌对的。他批评了我在报告中分析的许多细节，我认为有一些批评完全不合理，我好不容易才说服他能比较详细地与我讨论些事情。后来，我们在维也纳摩科湖举行了一次相当长时间的会议。在这里，正规的暑期学校在一个别墅里举行，它

的地坛花园可以眺望湖心。由于这次会议的内容是关于基本粒子物理学方面的，所以泡利和我是在被邀请的客人之列的。泡利又兴高采烈起来，我感到他好象是变为另一个人似的。我们常常沿着湖边小路散布，或者坐在花丛中的凳子上谈天，看着蔚蓝的湖水和周围高高的山峰。此情此景，泡利再一次谈到我们的共同希望。

“我认为你继续研究这些问题是对的。”他说，“你知道还有多少事情要做，而且不容怀疑将有一天，这些事情将有正确的解答。也许我们的全部希望将会实现，你的乐观主义将会得到酬谢。至于我，我已经退出来，就没有力量了。去年的圣诞节我还在想，我是完全适合做任何事情的，但现在我已经不再适合了。我希望你继续坚持下去，至少你的一些年轻的同事们将继续坚持这个事业，据说好象在你们研究所有几位杰出的年轻物理学家，而且他们的能力都超过我，那才是希望。”

我设法安慰他。我说他大概是由于发现了不能象去年圣诞节以前预料的那样，发现由于他认真考虑自己的工作，他原有的勇气又立刻恢复了。

“我不害怕，事情已经有了很大的改变。”他说的是完全对的。

在一个节日，我的夫人伊丽莎白提出陪同我到维也纳，她对泡利的健康表示深切挂念。她认为有可能他得了可怕的疾病，但是我不能去看他了。从此，我们再也没有见面。

将近一九五八年年底，我接到一个悲痛的消息，泡利在突然发病后与世长辞了。我毫不怀疑，要不是他的身体招致不幸，他是绝不会失去加速完成我们的基本粒子理论时间的。当然，对于这些原因和结果，我是不能随便作出推测和判断的。

第二十章

基本粒子和柏拉图哲学

（一九六一——一九六五年）

在一九五八年秋，当我和我的同事们在战后哥廷根协助建立的普朗克物理学和天体物理学研究所搬迁到慕尼黑的时候，在我们生活中，揭开了新的篇章。新一代的物理学家完全能在我注意并已着手的一些现代问题上开展工作，宏伟的建筑物坐落于这个城市的北部——由“青年运动”组织的朋友S·茹夫设计的“英吉利公园”的边陲。基本粒子统一场论是H·P·杜尔特别关心的一个课题。杜尔在德国长大，曾在美国接受教育，后在加里福尼亚大学A·泰勒手下工作很长时间，现已返回他的祖国。泰勒一定告诉他有关我们莱比锡小组的情况，他只要一回到慕尼黑，通过与惟恐哲学研究导致忽视物理学的弗里德利希的谈话，他就对古老传统有好感，弗里德利希每年秋天都去我们研究所度过几个星期。其结果，统一场论的物理学和哲学方面的问题成为我们三个人中间讨论得最多的课题，一般地说，也是在这个新研究所里我所研究的课题。作为一个典型的例子，我把这些讨论中的一次情况记录下来。

弗里德利希说：“自从去年我们的会议以来，你的统一场论又有新的进展吗？虽然我自己对哲学方面特别感兴趣，我的

意思是关于实验的解释。但另一方面，象你研究的这个理论是固体物理学，或者可以说那是完全没有什么意思的。好吧，你得到什么更多的东西，或者更准确地说，在与泡利的分割和对称性简化的思想联系上，你已经发现什么新的东西？”

杜尔说：“我们认为，我们至少在一种情况下已理解了分割，也就是镜像对称。这是因为，在相对论里，一个基本粒子质量的特征值方程必定是一个二次方程，因此它有两个解。可是对称性简化仍然很有兴趣，看来，在这里我们正面临着缺乏深思熟虑，然而又非常普遍、十分重要的关系。假如自然界基本的对称性是有规律地建立在基本粒子光谱被干扰基础上的话，那么唯一可能的解释是宇宙，也就是在由粒子引起的感光胶层的地方，而它的对称性比基本的物理规律的对称性要少。现在，那是完全可能的，而且可以同对称场方程一致。因此，我现在不想去证明它——在这里一定存在着一个作用于超距离的力，或者是失去内部质量的基本粒子。这大概是解释电动力学的最好方法。万有引力也能运用这个方法，以便在这里我们也许希望能找到，爱因斯坦想要把他的统一场论和宇宙论基于这个原理之上的一座桥梁。”

弗里德利希说：“如果我对你的理解是正确的话，你假定的宇宙形式不是绝对地由场方程决定的。换句话说，你相信宇宙能够以各种各样形式存在，它们与你的场方程完全一致。那就意味着，也许不是这样，你的理论包含着一个偶然的成份，也就是它包括有机会或者相当费解的而且是唯一的一种因素吗？从古典物理学那里来的观点一点都不令人惊讶的，因为在那里，初始的条件还不是由物理定律决定的，而是由偶然性来决定的——那就是说，它们可能具有另外一

种形式。粗略看地一下宇宙存在的形式，看一下以星体和恒星系随机分布的数不清的银河系，几乎是无可辩驳地提出了这些东西可能是完全不同的；行星的数目和位置，星系的数目和大小，可以有完全不同的数值，但是同样的物理定律依然适用。

幸好，当我们论及基本粒子谱线时，我们无须在宇宙尺度的细节上伤脑筋。但是你认为宇宙的一般的对称性对这种谱线确实能够产生影响。也许象我们在广义相对论中做的那样我们能用这种宇宙的简单模型表示这样的一般特性，作为基础场方程将容许这样的或其他的某些模型，而许多基本粒子的谱线可以看到与每一条谱线稍有不同。在这种情况下，我们能够从基本粒子谱线得出关于宇宙对称性的结论。”

杜尔说：“是的，这确实是我们所希望要做的。比如，最近我们做出了有关这种对称性的假定而这些假定为后来涉及的某些基本粒子的新的实验所驳倒了。因此，我们用另外与实验结果相符的假设来代替原来的假设。现在，看来我们似乎能够根据宇宙非对称现象来说明整个电动力学的质子——中子对撞交换或更广泛的同位旋组对撞交换。在这里，统一场论看来有足够的灵活性容许把所有观察到的现象包括到一个总的框架中来。”

弗里德利希说：“假如一个人沿着这条路线去思考的话，他就会遇到一个非常有趣但又十分困难的问题。我认为，在随机过程的情况下，我们必然在唯一性与偶然性之间进行基本的区分。宇宙是唯一的，以致在开始时它的对称性便产生了唯一的结果。后来，当许多星系和恒星形成的时候，同样的结果不得不反复地出现。这种结果，在某种意义上说，之所以称为偶然性的，是因为它们是如此之多而且是可重复

的，对它们来说只有量子力学统计规律才是真正适用的。十分明显，使用象'在开始'或者'后来'这些词来表达，在这里是有问题的，因为时间的概念也只是根据宇宙的现实模型给定的一个明确的含义，但是，或许为了现在讨论的目的，我们应该回避这种异议。正如一开始得到的唯一结果，也包括你正在试图用你的场方程去描述的自然规律在内。因为我们有权要问：为什么这些规律只有一种特殊的形式而没有其他的形式，正象我们有权问为什么宇宙具有一定的对称性质而不具有其他的性质一样。也许对这些问题没有答案，但是我感到，用你的场方程是当然的，那是相当不能令人满意的，即使是把大量的对称性和简单性从所有形式中区分出来也是不能满意的。也许你的方程对帮助泡利的分割和对称性的简化可以得到很深刻的意义。"

我说："我是否认它的最后一个人，但是现在，我还是愿意进一步强调头一个结果的唯一性。它们一劳永逸地决定对称性，并且放弃在后起事件上起决定性作用的那些形式。'开始是对称性'确实比德谟克利特的'开始时是粒子'的表述好得多。基本粒子包含对称性；这些对称性是它们最简单的体现，然而，有些对称性只不过是对基本粒子的一种推测。到后来，宇宙发展出现了意外的事情，但它还是简洁地适合原始的形式；它满足于量子理论的统计规律。在以后，情况更复杂，这种过程的事件能够重复出现：唯一的结果能再一次地决定后起事件的形式。这不妨举例说吧。在生命起源期间发生了什么，就我来说，找到了现代生物学在这方面有极大的启发的发现。在我们的星球上，处于有利条件的特殊地质和气候条件已经导致一门复杂的、以能够储藏信息的巨大分子的碳化学的出现。为了说明生物质的结构，核酸已经证明

是一种适合的信息储存方式。因此，产生了这种唯一的结果而且以确定的方式决定了整个后来的生物学进程。然而，在这里，偶然性再一次起了一个重要的作用。假如在其他星系中的一些行星上，有象在地球上一样有利的、相同的气候和地质条件，如果在那里碳化合物类也能导致核酸链的形成，它仍然不会一点不差地产生象生活在地球上的人那样的相同生物体，但不论存在什么生命体，将会有同样的核酸结构。说到这里，我想起了歌德，歌德试图从个别的原始植物推导出整个植物学，他把原始植物说成是一种物质，但同时又把它描述成构成所有其他的植物的基本植物。沿着歌德的思想，我们把核酸称为一种原生生物，因为它也是一种物质，而且同时还描述一种生物学蓝图。假如我们象你上述这样谈的话，我们恰恰是回到了柏拉图哲学中去了。我们的基本粒子是可以和柏拉图的《蒂迈欧篇》中的有规则的存在物相比较的。它们是物质概念的原始模型，核酸是生物存在的观念，这些原始的、朴素的模型决定着后来的整个发展，它们是主要规律的代表。尽管偶然性在后来的大量结构出现和发展中起了重要的作用，但也许偶然性恰到好处；它正是在于莫名其妙地与主要规律相联系的。

弗里德利希说："我对你使用'莫明其妙地'这个词一点也不满意的。也许你可能是煞费苦心的，但是你认为这种偶然性是完全没有意义的吗？你能那么说，这只不过是把量子规律的表述用统计的方法应用到实际中来？你的意思认为应该超过它，而且放在你正在思考的、对个别事件具有指导意义的广泛联系的东西之上。我这么说，对吗？"

杜尔说："用量子力学来确定事件几率的任何偏差，对于我们解释为什么一种现象在其他方面可以由量子规律来决

定，可能是毫无意义的。经验证明，这样的偏差是完全不可能的。但是在你的思想中可能有些事情是完全不同的；毫无疑问，你是在想事件或结果那本来是独一无二的东西，也就是说，对于独一无二的东西来说，统计性的考虑是不能用的。还有，在你的问题中，使用'意味'这个词也带来一些不科学的曲解。"

谈话就这样结束了。然而，几天之后，在我本来是消极的参加者的讨论中有了一个新的结果。洛仑兹、E·豪尔斯特以及他的同事们，在位于斯塔恩贝格湖与阿米尔湖之间牧场的马克斯·普朗克行为研究所进行了一次地方动物行为研究。他们在同牛、鸟、鱼打交道——这是洛仑兹书上的一个题目。研究所单独举行由生物学家、哲学家、物理学家和化学家参加的秋季综合问题讨论会，最主要的是生物认识论方面的问题，韦兹（Wits）称之为身-心学术讨论会。我有时差不多是以一个旁听者的身份出席，因为生物学我了解得很少，而且还想多学一点东西。我记得有一天是围绕达尔文的理论的现代形式问题，也就是突变和选择问题进行了讨论，那个讲演者竭力把某种东西的起源与人类工具的起源相比较。这样，人需要涉水因而导致他去发明小船，于是在湖海水域里突然开始布满了新的交通工具。后来又有人想出了把风力用于航行的好办法，于是帆船开始追赶用桨划行的小船。最后发明了蒸汽引擎，轮船在所有的海洋上代替了帆船。讲演者是想要证明，那些违反意图的出发点是要在技术进步过程中很快被淘汰的。于是在灯泡的发展中，白炽灯几乎一出现马上就代替了尼尔斯特灯。生物选择的过程在许多类似的途径中也可以看到；但突变的发生完全是偶然的，正象量子理论可以期待着人们在大量的"自然实验"之后进行

选择一样，只有很少的几种形式证明它们自己是在既定的环境下保存下来的。

当考虑到上边这种比较的时候，使我意识到技术进步过程与达尔文理论的一个关键性的差别，恰恰就在于达尔文理论中所阐述的偶然性。人类发明的结果从来不是偶然的，而是人类的目的和思想的必然产物。如果这种比较是采取比讲演者所希望的更严肃的态度的话，如果诸如意图、目的这一类东西是和达尔文的突变相联系的话，我倒想要看看到底会发生什么偶然的事情。可是，一个人能说出与人无关的目的吗？至多，我们可以姑且承认一只狗向厨桌上跳的“目的”是要吃香肠。但是有一个噬菌体接触一个细胞能说它的目的就是进入细胞而且在里边繁殖吗？即使我们还要说是，那我们还能说基因是带着改变环境的目的去改变它们的组织吗？如果我们这样做的话，显而易见地是我们滥用了“目的”这个词。但是也许我们能够选择更谨慎的阐述，我们可以问这个目的是否达到了，可以问这种可能性是否实现了，也许不会影响事件的过程。如果我们这样做的话，我们差不多是用量子理论作后盾的。因为波函数代表一种可能性，而且不是现实的事件。换句话说，在达尔文理论中扮演着如此重要角色的偶然性，可能是比我们所想象的更加微妙的某种东西，这是显然的，因为它与量子力学规律相符合。

我的思想上的锁链被一个与量子理论有关的，站在生物学立场上的观点的冲击搞断了。象这样的争论一般地是从事实得出结论，而大多数生物学家则刚好相反，他们认为原子和分子的存在只能通过量子理论来理解，他们仍然倾向于把原子和分子看作是经典物理学里的物质，也就是说，他们把这些东西仿佛作为许多砖块和砂粒来看待。这种探讨通常完全可

以导致正确的结果；另一方面，量子理论的概念上的构成根本上不同于经典物理学。因此，沿着这种过时的思想路线往往证明会误入歧途的。关于身-心联系方面，我无论如何也说不出更多的东西。

在我自己的研究所里，一批年轻的物理学家现在已经同统一场论问题经常地打交道了。早年的激烈争论，很久以来便成为平静思想的方法。现在摆在我们面前的任务是使理论进一步前进，使之符合所知道的，象我们可能做的那样有条有理地使它们结合起来的一切现象。在日内瓦和布鲁克海文的大型加速器的实验已经在基本粒子方面揭示出许多新颖的细节，我们正渴望着能查明这些新结果是否与我们的预言相一致。用这种方法，统一场论便能够逐渐地采用一个较为明确的物理形式。于是，弗里德利希在其哲学基础上的兴趣又增加起来。泡利的旧题目——分割和对称性的简化，由于陈旧的失效而被遗忘；由杜尔的镜像对称而引起的讨论，也不过是一种特殊的情况。其中问题的本质特征可能已刚刚被识别出来。弗里德利希现在采取的决定性的努力是对广泛的问题寻根溯源。

在这些年，我们的许多讨论都是在沃尔菲尔德举行的。事态已经逐渐变得友好和平静，而且我们有更多的闲暇时间，特别是周末和假日回到我们在沃尔森湖畔的住所，从阳台上我们能够享受饱览湖光山色之福。四十年前L·科伦特（Lovis Corinth）曾如此珍惜地把这一景色捕捉到画布上，变幻无穷的景致令人陶醉。现在对那幅画我已经有些淡忘了，只记得那是一幅色调阴暗的画面：柯劳内尔·帕什跪在屋墙的后面，举枪射击；路上躺着一个击毙的敌探，孩子们躲在地窖后面的沙包上。这些事情已经远远地甩在我们脑后去

了，我们能够再一次和平地讨论有关柏拉图曾经提出的、在现代基本粒子物理学中也许已经得到回答的问题。

在拜访中，弗里德利希解释他现在正致力探讨的基本思想：我们必须认为整个自然界都是按圆周或螺旋式运动；我们渴望认识自然界，要是我们对它思考，而且仅仅是思考的话，那是因为我们的思想是建立在与自然规律相一致的基础上。然而在原则上，我们完全可以在任何一个地方开始，但在我们的心目中还是最好从最简单的一个方面开始，也就是说，选择有还是没有，是或不是，好还是坏。现在，只要我们想到我们每天生活中要做的那些选择，那么所有的事情都应该是这样。但是，当我们了解量子理论的时候，就不是简单地在是或否之间抉择了，它还包括其他的抉择，就象他们彼此干扰一样，完全地回答是或不是的可能性就应该放弃了。作为一种结果，我们有一个完整的、可能连续的答案，或者用数学的语言来说，是一个由两个复杂的多种多样的线性变换的连续组合。这个组合包括相对论的洛仑兹组合。假如我们要问是否这些可能的回答的任何一个都适用的话，事实上，我们是正在对现实世界的时-空连续的空间提出问题。它是沿着我正尝试着要发展的组合结构的路线，即在你的场方程中已经捕捉到的路线前进。按这个方程，在某种意义上说，世界就被这个选择的组合解开了。”

“换句话说，你是认为它是重要的了。”我插话说，“泡利的分割不是亚里士多德逻辑里的两分法，而是在关键性的地方引入了互补性。泡利因此正确地认为，亚里士多德意义上的分割有魔鬼的特征；它的连续的重复只能导致混乱。但是另一个方面，随着互补性而出现的新的和第三种可能性可以结出果实，重复地说，可以引导我们进入现实世界的空间。

正象你所知道的，古老的神秘主义者习惯于把数字 3 与神的原则联系起来，或者如果你讨厌神秘主义的话，你可以想一下黑格尔的三位一体：正题—反题—合题。合题没必要是一个混合体，它不过是正题和反题之间的中间物；只有当正题和反题结合并产生一些新质时才能证明它是有效的。”

弗里德利希不十分满意地说：“是的，这里却有令人欣慰的哲学乐曲，但是我想恐怕我们还离不开它。我倒是希望新的探讨将能引导我们得到真正的自然规律，但至今没有一个人能正确地说明你的场方程是否可以用来正确地反映自然界。看起来好象它有可能要在这个哲学的选择中出现了，其实，我们本来就能够用必要的数学处理认定这些事情。”

“在任何情况下，”我说，“从相同的方法选择中，象柏拉图试图从三角形建造他的单个的躯体和世界那样，你是要继续创立基本粒子理论，而且用它来构筑世界。你的选择并不比柏拉图的单个实体三角形的物质强多少，但是，如果我们一开始便运用量子论的逻辑，那么，从反复创造出来的更为复杂的形式中便能选择适宜的基本形式。假如我对你的想法理解了的话，从选择到对称组合所引导的途径便是事物的性质。用数学符号形式表示基本粒子一个或几个特性；这些形式，可以说是有关模仿现实粒子的基本粒子的一些想法。我完全能沿着这条很好的思路前进。说穿了，我同意选择比三角形好得多的、能代表我们思想的更基本的结构，尽管我想到要实行你的方案，但看来要有相当的困难，因为它需要过去从来没用过，至少在物理学中没用过的抽象概念。当然我自己也感到它很困难。但是，也许年轻的一代在他们的阔步前进中将会全部采用它。在近期内，当然，你和你的同事们一定会走在前面。”

这个时候，在阳台另一端的伊丽莎白听到我们的谈话，她说："你真的相信年轻一代对这些困难问题，进一步说对侵犯科学和生活的广泛意义的问题感兴趣吗？从你有时说在大的研究中心或在美国那里，关于物理研究情况看，好象年轻的一代差不多各自都对细节全神贯注似的，好象他们对所说的广泛意义寄托某种戒律似的，当专家们十分满意地从重合周期和本轮去预言下一次日蚀或月蚀，而完全忘记阿里斯塔克斯的宇宙中心系统的时候，完全有一点象天文学晚期的古迹的情况。在你将逐渐消失的一般问题上也同样不会发生兴趣吗？"

我自己几乎感觉不到如此悲观。"在细节上的兴趣是重要的和必要的，"我说，"因为，要了解事情怎样，终究才是真正的工作。你也许记得玻尔常常引用的一句话：'宽容产生明智'。至于戒律，并不是真正的坏事，因为它从来也没有阻止过一个人不准说的事情，而是支持他们反对饶舌者和笑骂者。这个旧时代的合理性就是歌德说的，'讲话，只能对有见识的人。因为，对群众就需要蔑视。'所以，戒律真没必要使我们心烦，在那里总是有年轻人充分地去想象这些广泛的意义，假如仅仅因为他们在每件事上是无条件地诚实，而且事实是这样的话，那么，至于这些人的数量多少是无关紧要的。"

具有柏拉图哲学思想的那些人将知道世界是由图形构成的。因此，我好象得出结论，一年多来总是不可磨灭地刻在我的记忆中。这张图形是这次谈话的原因。我们四个人——伊丽莎白、我们的两个长子和我，驾车通过鲜花盛开的牧场，到达通往瑞士途中的斯汤恩贝格湖和阿姆尔湖之间的小山上。在那里，我们拜访了正在马克斯·普朗克研究所进行行为研究的爱利·豪尔斯特。他不仅是一位杰出的生物学

家，而且也是一位很好的中提琴演奏家和小提琴的制作者，我们还要询问他有关一种乐器的消息。我的儿子——后来都成为青年大学生，凡有演奏的机会，总带着他们的小提琴和大提琴。豪尔斯特领着我们绕着他的新房观看一遍：这所新房建筑和装备极其雅致，富有想象力的宏伟和独特；他领我们进入宽敞的起居室，阳光畅通无阻地穿过敞开的法国式的门窗。往外看，我们能看见蓝天下的一片碧绿的水青岗，以及靠近研究所两侧安置的五颜六色的陈列品。豪尔斯特拿出他的小提琴，坐在两个年轻人中间，和他们一起演奏贝多芬青年时代的作品D大调小夜曲。这支小夜曲充满着生命的活力和喜悦；它所具有的诚意正在驱赶着胆小、懦弱和厌倦。我听着，也逐渐牢固地确信，在人类时代的天平上测量生活、音乐和科学的工作一直在继续着，虽然我们自己只不过是历史的匆匆过客，可是，或用玻尔的话说，在伟大的生活戏剧中，我们自己既是演员又是观众。

译 后 记

本书是中央党校自然辩证法研究班的几位学员在学习期间，根据全国自然辩证法规划的翻译书目，组织翻译的。译文的分工如下：

原　序	马名驹	第十一章	马名驹	
第一章	马名驹	第十二章	马名驹	
第二章	张　敏	第十三章	黄　勇	
第三章	张　敏	第十四章	马世品	
第四章	张　敏	第十五章	黄麟雏	
第五章	黄　勇	第十六章	黄麟雏	
第六章	黄　勇	第十七章	张静安	
第七章	黄　勇	第十八章	马世品	沈玉春
第八章	张静安	第十九章	马世品	沈玉春
第九章	张静安	第二十章	张　敏	沈玉春
第十章	张静安			

本书1—10章由马名驹同志校稿，11—20章由张敏同志校稿。全书由马名驹同志最后统稿审定。

在翻译过程中，承蒙李宝恒同志作了具体指导，校对了部分章节。此外，史维庠、毕可生、廖泗友、侯国清、钟贤道等同志给予热情帮助，谨此致以衷心的感谢。由于我们水平所限，译文中的不妥之处，欢迎读者批评指正。

译　者

一九八三年十二月